

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ÊNFASE EM BIOLOGIA MARINHA E COSTEIRA

ALICE PEREIRA

ANÁLISE OSTEOLÓGICA DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES
***Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781)**

IMBÉ
2014

ALICE PEREIRA

ANÁLISE OSTEOLÓGICA DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES

***Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781)**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Ignacio Benites Moreno

Co-orientador: Me. Maurício Tavares

IMBÉ

2014

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo "SILVA, L. N. *et al.* **Manual de Trabalhos Acadêmicos e Científicos: Orientações Práticas à Comunidade Universitária da UERGS**. Porto Alegre: UERGS, 2013. 149 p." que é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

Pereira, Alice
ANÁLISE OSTEOLOGICA DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES
Spheniscus magellanicus (Forster, 1781) / Alice
Pereira. -- 2015.
142 f.

Orientador: Ignacio Moreno.
Coorientador: Maurício Tavares.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas:
Biologia Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS,
2015.

1. Osteologia. 2. Ontogenia. 3. Merística. 4.
Sphenisciformes. 5. Spheniscus magellanicus. I.
Moreno, Ignacio, orient. II. Tavares, Maurício,
coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ALICE PEREIRA

ANÁLISE OSTEOLÓGICA DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES

***Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781)**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção de título de Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Biologia Marinha e Costeira pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Dr. Guilherme Renzo Rocha Brito

Dr. Reginaldo José Donatelli

Coordenador da atividade
Trabalho de Conclusão II - CBM

Dr. Ênio Lupchinski Jr.

IMBÉ

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma na minha jornada que culminou neste trabalho. Este espaço me exige ser breve, por isso, em especial agradeço:

Ao meu amigo e co-orientador Maurício Tavares. Sem o teu apoio e tua confiança em mim este trabalho não seria possível. Obrigado pelas inúmeras oportunidades de trabalho, por toda a gama de conhecimento que me ofereceste e pela convivência diária que me enriqueceram pessoalmente e profissionalmente.

Ao meu orientador Dr. Ignacio Moreno por acreditar neste trabalho, aceitando orientar-me. Agradeço pelas valiosas sugestões e pelas tuas aulas, que levaram a me interessar tanto pelos dinossauros.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) pelo ótimo ensino que me foi oferecido. Agradeço a todo o corpo de professores, que me lapidaram de várias formas.

Aos funcionários do Centro de Estudos Costeiros e Limnológicos (CECLIMAR), que sempre fizeram com que eu me sentisse em casa.

A toda equipe que faz ou fez parte do Setor de Coleções, em especial a amiga Bruna Barros, pela realização das dissecações e curadoria do material que utilizei. E pela parceria, troca de idéias e diversão diária, vou sentir saudade do meu local de trabalho preferido!

Ao veterinário e amigo Derek B. de Amorim pelo suporte na minha estada no Setor de Reabilitação (CERAM) e por compartilhar tanto conhecimento comigo naqueles momentos corridos em meio às emergências.

Aos colegas da Turma V por todos os momentos divertidos.

Às minhas amigas Bruna Bondan de Mesquita e Bruna Maldaner, por tudo que passamos juntas, pela amizade sincera, pelos planos para o futuro que ajudávamos uma à outra a tecer, pelas confidências e pelas bagunças. E a minha amiga Louize Paz de Oliveira, parceria de fé, quebrando todos os galhos!

Ao meu colega e amigo Nicholas W. Daudt, pelas inúmeras idéias compartilhadas, pelas dicas e pelo conhecimento ornitológico que me oferecete sem perceber... nossas conversas valeram tanto quanto muita leitura!

À tia Cecy por me acolher e estar sempre ao meu lado me incentivando, por esse coração tão grande!

Agradeço ao meu pai e a minha mãe, Arno e Nara. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. Obrigado por me apoiarem e me incentivarem quando decidi largar tudo e vir para o Litoral Norte do RS estudar, começando uma nova vida. Sem o apoio de vocês, mesmo que muitas vezes de longe, talvez eu não tivesse tido força para passar pelos momentos difíceis. Mãe, tu me ensinastes a gostar tanto das aves e Pai, tu me ensinastes a ser questionadora... está aí parte do resultado dessa união. Acima de tudo, vocês me ensinaram valores, me abriram para o mundo e sempre me disseram que todo esforço vale a pena!

Não menos importante é meu irmão, Mario, me apoiou ao longo desta etapa de longe, mas que ao longo de toda a nossa convivência me ensinou o companheirismo, a fazer as pazes, a pedir desculpas, a levantar dos tombos da vida e a ser mais divertida. Agradeço a minha cunhada Janaína, por ser minha irmã também, sempre muito atenciosa e parceira!

Ao Nathan Silveira Becker, pela paciência infinita e pelo companheirismo na reta final desse trabalho. Teu incentivo foi fundamental quando eu me sentia esgotada.

Às minhas gatinhas, Bastiana, Fêmea e Frel por todo o carinho recebido e pela companhia mesmo quando meus olhos só prestavam atenção à tela do computador.

Ao Litoral Norte do Rio Grande do Sul, por sua imensa riqueza biológica.

Às aves, que a cada dia me fascinam mais!

RESUMO

No Brasil são registradas quatro espécies de pinguins, sendo o pinguim-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*) a mais comum e abundante entre o outono e a primavera. A maioria dos estudos envolvendo *S. magellanicus* está relacionada à ecologia alimentar, comportamento reprodutivo, dinâmica de populações, migração e os impactos antrópicos sobre as populações da espécie. Os estudos iniciais na área da osteologia dos Sphenisciformes são trabalhos descritivos mais gerais para o grupo, com pequenas menções a *S. magellanicus*. Os estudos atuais utilizam a osteologia como arcabouço para a compreensão do registro fóssil, sistemática e evolução do grupo. O presente trabalho realiza a descrição osteológica do esqueleto completo, a merística de vértebras e costelas e o desenvolvimento pós-natal de 80 espécimes de *S. magellanicus* tombados na Coleção Ornitológica do MUCIN – Museu de Ciências Naturais da UFRGS. Foram incluídos na merística de costelas os dados de 101 fichas de contagem de costelas de espécimes dissecados no Setor de Coleções do MUCIN. Estabeleceu-se a fórmula vertebral geral para *S. magellanicus* como **C 14-15 + T 7-8 + L 6-8 + S 2+ Ca 10-12 = 41-43**. A merística de costelas mais frequentemente observada foi de: seis costelas esternais, mais uma esternal flutuante também articulada a um segmento vertebral; e nove costelas vertebrais, duas articuladas somente às vértebras e sete articuladas também a um segmento esternal. O sincrânio, o esqueleto axial e o esqueleto apendicular do pinguim-de-magalhães foram descritos. Também foi realizada a descrição do desenvolvimento pós-natal do sincrânio, cintura escapular e pélvica. Os caracteres de desenvolvimento esquelético categorizados geraram uma matriz utilizada para análise de *clusters* através da dissimilaridade de *Bray-Curtis*. Quatro *clusters* formaram-se em torno dos caracteres observados. Esses agrupamentos foram comparados aos dois diferentes estágios de plumagens exibidas pelos espécimes, sendo observados três agrupamentos contendo indivíduos com plumagem juvenil e um contendo a plumagem do adulto. Esses quatro grupos associados aos caracteres de desenvolvimento do esqueleto refletiram o ciclo de vida de *S. magellanicus*.

Palavras-chave: Osteologia. Merística. Desenvolvimento pós-natal. *Spheniscus magellanicus*.

ABSTRACT

There are four species of penguins recorded to Brazil, and the Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*) is the most frequent and abundant of all, during autumn and spring. Most of the works comprising *S. magellanicus* are related to feeding ecology, reproductive biology, population dynamics, migration and human impacts on Magellanic penguin populations. The first descriptive works on the osteology of Sphenisciformes are more general and present only a few references on *S. magellanicus* skeletal features. Contemporary studies use osteology as a tool for understanding the fossil record, systematics and penguin evolution. This work describes the complete Magellanic penguin skeleton, as well as its meristics and post-natal development upon 80 specimens from the Ornithological Collection of MUCIN – Museum of Natural Sciences of UFRGS. There were also included in meristic analysis data from 101 specimens dissected at the Collection Department of MUCIN. This study established a general vertebral formula for *S. magellanicus* as **C 14-15 + T 7-8 + L 6-8 + S 2+ Ca 10-12 = 41-43**. The more frequent values observed in this study for Magellanic penguins specimens were: six sternal ribs plus a floating one which also articulates with a vertebral segment; and nine vertebral ribs, two of them which only articulates with vertebrae and seven that reach a sternal segment. Sincranium, axial and appendicular skeleton of *S. magellanicus* were completely described. It was also described the post-natal development of sincranium, scapular and pelvic girdle. The ontogenetic characters were set into a matrix and cluster analysis using Bray-Curtis dissimilarity generated four clusters. These groups were compared to different patterns of plumage shown by the studied specimens: three clusters were formed by immature-plumaged birds and one cluster was formed by matured-plumaged ones. The four clusters reflected *S. magellanicus* life cycle.

Keywords: Osteology. Meristic. Post-natal development. *Spheniscus magellanicus*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de distribuição do pinguim-de-magalhães _____	15
Figura 2 – Gônadas de pinguim-de-magalhães _____	23
Figura 3 – Padrões de plumagem de <i>S. magellanicus</i> _____	24
Figura 4 – Sinsacro de <i>S. magellanicus</i> _____	26
Figura 5 – Caudais livres e pigóstilo _____	27
Figura 6 – Sinsacro de <i>S. magellanicus</i> _____	35
Figura 7 – Pigóstilo de <i>S. magellanicus</i> _____	36
Figura 8 – Esterno de <i>S. magellanicus</i> com costelas esternais articuladas _____	39
Figura 9 – Costelas vertebrais de <i>S. magellanicus</i> _____	41
Figura 10 – Crânio de <i>S. magellanicus</i> em vista dorsal _____	45
Figura 11 – Crânio de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	47
Figura 12 – Crânio de <i>S. magellanicus</i> em vista latero-ventral _____	48
Figura 13 – Crânio de <i>S. magellanicus</i> em vista caudal _____	49
Figura 14 – Crânio de <i>S. magellanicus</i> em vista ventral _____	50
Figura 15 – Detalhes do crânio de <i>S. magellanicus</i> _____	51
Figura 16 – Os <i>quadratum</i> direito de <i>S. magellanicus</i> _____	52
Figura 17 – Pterigóide e lacrimal de <i>S. magellanicus</i> _____	54
Figura 18 – Mandíbula de <i>S. magellanicus</i> _____	55
Figura 19 – Vértébras cervicais de <i>S. magellanicus</i> em vista dorsal _____	58
Figura 20 – Vértébras cervicais de <i>S. magellanicus</i> em vista ventral _____	59
Figura 21 – Vértébras cervicais de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	60
Figura 22 – Vértébras cervicais de <i>S. magellanicus</i> em vista cranial _____	61
Figura 23 – Vértébras torácicas de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	62
Figura 24 – Sinsacro de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	65
Figura 25 – Caudais livres de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	67
Figura 26 – Pigóstilo de <i>S. magellanicus</i> _____	68
Figura 27 – Costelas vertebrais de <i>S. magellanicus</i> _____	70

Figura 28 – Costelas esternais <i>S. magellanicus</i> _____	72
Figura 29 – Esterno de <i>S. magellanicus</i> _____	74
Figura 30 – Escápula de <i>S. magellanicus</i> _____	76
Figura 31 – Coracóide esquerdo de <i>S. magellanicus</i> _____	77
Figura 32 – Fúrcula de <i>S. magellanicus</i> _____	78
Figura 33 – Úmero direito <i>S. magellanicus</i> _____	80
Figura 34 – Ossos do antebraço direito de <i>S. magellanicus</i> _____	81
Figura 35 – <i>Ossa carpi</i> do membro anterior direito de <i>S. magellanicus</i> _____	82
Figura 36 – Carpometacarpo e dígitos de <i>S. magellanicus</i> _____	84
Figura 37 – Sesamóides e extremidade distal do úmero _____	85
Figura 38 – <i>Pelvis et os coxae</i> de <i>S. magellanicus</i> _____	87
Figura 39 – Fêmur esquerdo de <i>S. magellanicus</i> _____	89
Figura 40 – Tibiotarso esquerdo de <i>S. magellanicus</i> _____	92
Figura 41 – Patela esquerda de <i>S. magellanicus</i> _____	93
Figura 42 – Fíbula esquerda de <i>S. magellanicus</i> _____	94
Figura 43 – Tarsometatarso esquerdo de <i>S. magellanicus</i> _____	95
Figura 44 – <i>Ossa digitorum pedis</i> de <i>S. magellanicus</i> _____	97
Figura 45 - <i>Apparatus hyobranchialis</i> (hióide) de <i>S. magellanicus</i> _____	99
Figura 46 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de <i>S. magellanicus</i> _____	102
Figura 47 – Desenvolvimento pós-natal do crânio em vista dorsal _____	103
Figura 48 – Desenvolvimento pós-natal do crânio em vista caudal _____	104
Figura 49 – Desenvolvimento pós-natal do crânio em vista lateral _____	106
Figura 50 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de <i>S. magellanicus</i> _____	106
Figura 51 – Desenvolvimento pós-natal do crânio em vista lateral _____	107
Figura 52 – Detalhe do desenvolvimento pós-natal em dois crânios _____	108
Figura 53 – Desenvolvimento pós-natal da pré-maxila e palato _____	110
Figura 54 – Desenvolvimento pós-natal da mandíbula de <i>S. magellanicus</i> _____	111
Figura 55 – Três esternos de <i>S. magellanicus</i> em vista dorsal _____	113
Figura 56 – Três esternos de <i>S. magellanicus</i> em vista lateral _____	113

Figura 57 – Sequência de desenvolvimento de escápulas de <i>S. magellanicus</i> ____	114
Figura 58 – Sequência de desenvolvimento de coracóides de <i>S. magellanicus</i> ____	115
Figura 59 – Os <i>coxae</i> direito e esquerdo de <i>S. magellanicus</i> _____	116
Figura 60 – Agrupamentos apresentados pelo índice de <i>Bray-Curtis</i> _____	118
Figura 61 – Ciclo de vida de <i>S. magellanicus</i> _____	120
Figura 62 – Desenvolvimento pós-natal relacionado à 13ª cervical _____	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de vértebras _____	32
Tabela 2 - Quadro comparativo entre diferentes tipos de vértebras _____	37
Tabela 3 – Merística das costelas esternais de <i>S. magellanicus</i> _____	38
Tabela 4 – Merística das costelas vertebrais de <i>S. magellanicus</i> _____	40
Tabela 5 – Matriz de caracteres de desenvolvimento pós-natal _____	137

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OSTEOLOGIA	16
1.1.1 Primeiros trabalhos sobre a osteologia dos Sphenisciformes	17
1.1.2 Trabalhos contemporâneos	19
1.1.3 Justificativa	21
1.2 OBJETIVOS	21
2 MATERIAIS E MÉTODOS	22
2.1 AMOSTRAS E COLETA DE DADOS	22
2.2 SEXO E CLASSE ETÁRIA	22
2.3 NOMENCLATURA OSTEOLÓGICA	24
2.4 MERÍSTICA	24
2.4.1 Vértebras	25
2.4.2 Costelas	28
2.5 DESCRIÇÃO DO ESQUELETO	29
2.6 DESENVOLVIMENTO PÓS-NATAL DO ESQUELETO	29
2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	30
2.8 DOCUMENTAÇÃO	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1 MERÍSTICA	31
3.1.1 Vértebras	31
3.1.2 Costelas	38
3.2 DESCRIÇÃO DO ESQUELETO	43
3.2.1 Esqueleto axial	43
3.2.1.1 Sincrânio	44
3.2.1.2 Coluna vertebral e costelas	56
3.2.2 Esqueleto apendicular	72
3.2.2.1 Cintura escapular	73

3.2.2.2 Membros anteriores	79
3.2.2.3 Cintura pélvica	86
3.2.2.4 Membros posteriores	88
3.2.3 Esqueleto visceral	98
3.3 DESENVOLVIMENTO PÓS-NATAL DO ESQUELETO	100
3.3.1 Descrição do desenvolvimento pós-natal em <i>S. magellanicus</i>	100
3.3.1.1 Sincrânio	100
3.3.1.2 Pós-crânio	112
3.3.2 Relação entre os caracteres observados, padrões de plumagem e idade cronológica	116
4 CONCLUSÕES	124
REFERÊNCIAS	125
ANEXO 1	133
APÊNDICE 1	134
APÊNDICE 2	136
APÊNDICE 3	139

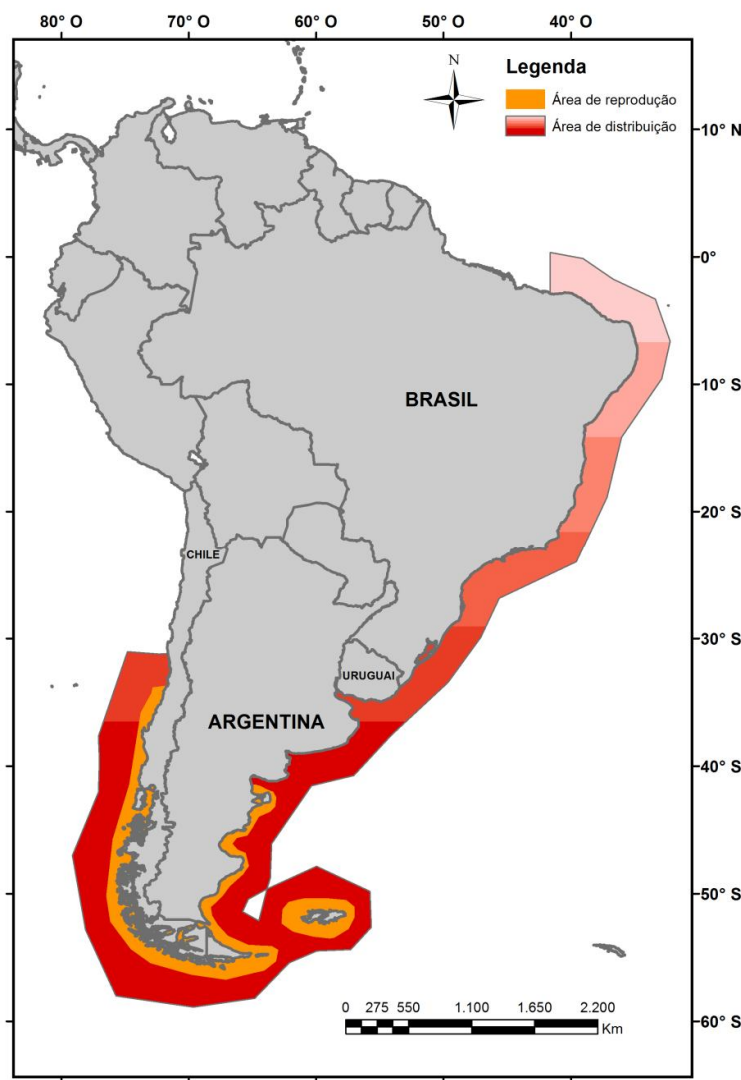
1 INTRODUÇÃO

O pinguim-de-magalhães, *Spheniscus magellanicus* (Forster, 1781) é uma ave pertencente à ordem Sphenisciformes, família Spheniscidae. A ordem predomina no hemisfério sul, no entanto o grupo possui uma espécie de distribuição equatorial (MARTÍNEZ, 1992). Os representantes atuais são sobreviventes de uma fauna que pode ter iniciado sua divergência de outras linhagens de Neornithes entre 61 e 62 milhões de anos atrás pela datação do primeiro fóssil descoberto (JADWISZCZAK, 2009) ou talvez tenham começado a divergir muito antes, entre 100 e 90 m. a. partindo de análises de DNA mitocondrial (SLACK *et al.*, 2006). No Brasil há registro de quatro espécies, sendo três delas classificadas como vagantes - *Aptenodytes patagonicus* (Miller, 1778); *Eudyptes chrysolopus* (Brandt 1837); *Eudyptes chrysocome* (Forster 1781); e uma como visitante oriunda do sul do continente, *Spheniscus magellanicus* (CBRO, 2014). O gênero *Spheniscus* distribui-se desde a linha do Equador até águas temperadas do continente africano e sul-americano (DAVIS, 2001; WILLIAMS, 1995). O pinguim-de-magalhães possui registros de ocorrência desde o sul do Rio Grande do Sul até o norte do Brasil a aproximadamente 2°S (GARCÍA-BORBOROGLU *et al.*, 2010; DANTAS *et al.*, 2013). A espécie reproduz-se tanto no Oceano Atlântico, na Argentina e Ilhas Malvinas, quanto no Oceano pacífico, no Chile (MARTÍNEZ, 2012) (Figura 1). Os indivíduos da costa atlântica iniciam sua migração de inverno saindo de suas colônias em meados de março dirigindo-se para norte do continente sul-americano, atingindo o litoral do Uruguai e Brasil, e retornando em meados de setembro para as colônias de origem (SICK, 1997; DEE BOERSMA, STOKES & YORIO, 1990).

O Rio Grande do Sul é o estado brasileiro com o maior número de carcaças de pingüins encontradas nas praias (MÄDER, SANDER & CASA JR., 2010). A maioria dos indivíduos de *S. magellanicus* encontrados mortos e recebidos vivos em centros de reabilitação no Brasil é de jovens (ou imaturos) no primeiro ano de vida (SICK, 1997; SILVA FILHO & RUOPPOLO, 2006). Em 2008, segundo García-Borboroglu *et al.* (2010),

dos 3.371 pinguins encalhados mortos ao longo da costa brasileira, 97% eram indivíduos jovens, o que também é relatado no estudo de Mäder, Sander & Casa Jr. (2010), com 97,5% dos espécimes encontrados no litoral do RS também sendo jovens. Esse grande contingente populacional se desloca à plataforma sul do Brasil tanto por ser área de internada dos jovens como também por ser importante área de alimentação para jovens e adultos, em consequência da alta produtividade do Oceano Atlântico influenciada pela Convergência Subtropical (SEELIGER, ODEBRECHT & CASTELO, 1998; VOOREN & BRUSQUE, 1999).

Figura 1 - Mapa de distribuição do pinguim-de-magalhães, *S. magellanicus*.



Fonte: Maurício Tavares (2014), não publicado.

Os indivíduos de *S. magellanicus*, principalmente os jovens, estão expostos a diversos fatores que os levam à morte, incluindo aqueles de influência antrópica (MÄDER, SANDER & CASA JR., 2010), sendo a mortalidade natural a mais comum, relatada desde o início do século (e.g. IHERING, 1886). Vooren & Brusque (1999) afirmam que desde 1927 esse fenômeno já era usual, mesmo quando não existiam ameaças de origem antrópica. Essa mortalidade foi tratada como natural também por Sick (1997).

O *status* de conservação da espécie de acordo com a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, 2015) é Quase Ameaçado (NT) e de acordo com a *Bird Life International* (2014), a população atual está em decréscimo, com um número estimado de 1,3 milhões de pares reprodutivos.

1.1 OSTEOLOGIA

Pinguins são aves marinhas mergulhadoras com um esqueleto totalmente adaptado à natação. Considerados nadadores de asas propulsoras, possuem os ossos dos membros superiores achatados latero-medialmente, conferindo à asa uma forma de remo. O esterno é extremamente alongado, protegendo toda a cavidade torácica. As escápulas são longas e alargadas, estendendo-se por grande parte do dorso para que redistribuam a pressão gerada pelo movimento natatório. Os ossos são densos e os sesamóides presentes nos membros superiores aumentaram de tamanho para auxiliar os tendões a lidar com a maior viscosidade do meio líquido em relação ao ar. As patas atuam como um leme, formada por dígitos alongados e um tarsometatarso achatado dorso-ventralmente e curto (KAISER, 2007; GILL, 2007; POUGH, JANIS & HEISER, 2008).

1.1.1 Primeiros trabalhos sobre a osteologia dos Sphenisciformes

Os primeiros trabalhos publicados tratando especificamente sobre a osteologia dos Sphenisciformes datam do final do século XIX. Reid, em 1835, faz uma descrição sobre a anatomia do pinguim-rei, *Aptenodytes patagonicus*. Além da descrição de peças ósseas, é apresentada uma tabela comparando as medidas da cintura escapular tomadas de *A. patagonicus* com outras três aves marinhas, seguido de descrições de ligamentos e músculos.

Coues (1872) faz uma longa abordagem inicial a respeito de tudo que fora descrito anteriormente relativo à taxonomia dos Spheniscidae, em ordem cronológica e por descritor, além de suas considerações pessoais sobre cada classificação. Na ocasião, havia um conflito sobre reunir os pinguins em apenas um gênero (*Aptenodytes*) ou em um gênero particular para cada espécie, baseando-se nas características externas de cada um deles. Coues propõe que uma classificação por gênero, baseando-se em aspectos do crânio, considerada por ele como características internas, poderia conciliar os dois pontos de vista, além de serem parâmetros mais confiáveis que apenas as externas. Assim, o autor descreve os caracteres cranianos dos Spheniscidae chegando a três diferentes padrões para os crânios examinados: os gêneros *Aptenodytes*, *Eudyptes* e *Spheniscus*. Entretanto, Coues não firma uma posição final de apenas três gêneros existentes, argumentando ter tido em mãos um número limitado de espécimes e que os crânios avaliados por ele poderiam mostrar diferentes graus de maturidade física entre si. O trabalho também traz a descrição de elementos do pós-crânio de *A. patagonicus* e uma terceira seção sobre a distribuição geográfica da família. Ao final, ele descreve cada espécie, seus caracteres externos e os museus onde os holótipos estão tombados.

Gervais & Alix (1877) descrevem criteriosamente as costelas, as vértebras e o sinsacro, o que não havia sido abordado nos trabalhos citados anteriormente. Outros elementos do pós-crânio também são descritos em detalhes como as cinturas pélvica e escapular. O crânio é descrito em linhas mais gerais. A osteologia do grupo é

tratada sempre como um todo, poucas vezes surgindo alguma referência específica a uma determinada espécie ou classe etária. A maior parte deste trabalho é dedicada à descrição da miologia dos Spheniscidae.

Watson (1883) escreve sobre a anatomia dos Spheniscidae e a amostra analisada por ele era composta de três ou quatro adultos de *Eudyptes chrysocome* (Forster, 1781), *Spheniscus demersus* (L., 1758), *Spheniscus mendiculus* (Sundevall, 1871), *Pygoscelis papua* (Forster, 1781), *A. patagonicus* e *S. magellanicus*, além de imaturos capturados do ninho e ovos em vários estágios de desenvolvimento. Ele foi o primeiro a comparar síntrico e pós-crânio de espécies diferentes de Spheniscidae, comparar graus diferentes de desenvolvimento do esqueleto, além de possuir uma amostra mais variada de espécimes para análise.

Pycraft (1898) descreve a osteologia dos Sphenisciformes de maneira mais estruturada, dividindo as abordagens por classe etária e região anatômica. Em seu estudo há comparações entre diferentes espécies, gerando uma chave dicotômica baseada nos caracteres osteológicos para classificar os Spheniscidae ao final do trabalho. Outro ponto importante é que ele utiliza todos os escritos mencionados anteriormente, fazendo uma síntese.

Em Shufeldt (1901), as descrições osteológicas realizadas assemelham-se as de Pycraft (1898), abordando comparações importantes entre espécies, porém de forma mais breve e com uma menor preocupação na distinção das classes etárias. Mesmo assim, aparecem informações diferenciadas dos demais trabalhos em suas observações. O referencial teórico é basicamente os mesmos de Pycraft (1898), apesar de não citá-lo como referência.

Waterston & Geddes (1909) trouxeram uma abordagem diferente de todas as outras trabalhando detalhadamente a embriologia dos Sphenisciformes, algo até então comentado apenas brevemente no trabalho de Watson (1883). Entretanto, os autores não agregam informações significativas à osteologia, como por exemplo, uma sequência de ossificação de estruturas.

1.1.2 Trabalhos contemporâneos

As linhas de pesquisa envolvendo a osteologia hoje vão mais além da pura descrição osteológica, assunto muito explorado no final do século XIX e primeiro decênio do século XX. A osteologia hoje tem servido como ferramenta para estudos evolutivos, taxonômicos e ecológicos dos Sphenisciformes. Em meados do século XX, Crompton (1953) desenvolve uma pesquisa similar àquela de Waterston & Geddes (1909), mas desta vez o foco principal é descrever as alterações osteológicas no condrocrânio ao longo do desenvolvimento de embriões de *S. demersus*. Este trabalho é robusto nas descrições e nomenclatura de caracteres osteológicos, sequências de ossificações iniciais e estruturação metodológica. Meister, em 1962, tratou sobre a histologia dos ossos longos em pinguins, algo também inédito da forma que foi realizado para os Sphenisciformes, comprovando a estrutura óssea compacta atribuída à ordem e características diferenciadas na medula óssea e no sistema Harvesiano dos ossos longos. Outro trabalho bastante citado como o de Crompton (1953) é o de Livezey (1989) que trata da morfometria de pinguins fósseis e atuais. O n amostral deste trabalho é de 527 esqueletos, além de outras amostras de n bastante elevado e um amplo referencial teórico. Muito do que foi postulado neste trabalho foi largamente usado para todos os trabalhos evolutivos e taxonômicos sobre o grupo, além de estudos sobre dimorfismo sexual envolvendo caracteres osteológicos. Dentre os estudos envolvendo morfometria para determinação de sexo, a maioria envolve a tomada de medidas com os espécimes vivos, envolvendo os caracteres osteológicos secundariamente, através de medidas de crânio, nadadeira, bico e tarsometatarso. Podemos citar Scolaro (1987) e Scolaro, Hall & Ximénez (1983) especificamente com *S. magellanicus*, Hull (1996), Zavalga & Paredes (1997), Setiawan, Darby & Lambert (2004), Wallace *et al.* (2008), Vanstreels *et al.* (2010).

A área em que a osteologia dos Sphenisciformes tem sido amplamente explorada é nos estudos que envolvem o registro fóssil e as relações evolutivas entre

o grupo. O primeiro fóssil descoberto foi por Huxley em 1859, nomeado como *Paleeudyptes antarticus*. Desde então, 33 novas espécies fósseis foram descobertas ou reposicionadas (KSEPKA *et. al.*, 2012). O registro mais antigo é dos Sphenisciformes basais do gênero *Wainamu* que datam do Paleoceno, entre 58 e 61 milhões de anos (JADWISZCZAK, 2009). Os últimos esqueletos descritos foram *Kaikuru waitaki* e *Kaikuru grebneffi*, na Nova Zelândia (KSEPKA *et. al.*, 2012). Os descritores dessas duas novas espécies são responsáveis por grande parte da literatura atual sobre o registro fóssil, evolução e sistemática dos Sphenisciformes, como o que pode ser encontrado em Ksepka, Bertelli & Giannini (2006), Ksepka *et al.* (2008), Fordyce & Jones (1990) e Ksepka e Tatsuuro (2011). Clarke *et al.* (2007) aborda osteologia dos pinguins equatoriais fósseis recentemente descobertos no Peru como evidências da forma como os fatores climáticos do passado podem ter influenciado na ecologia do grupo. Não menos importante é o estudo de Triche (2007) sobre sistemática, biogeografia e evolução dos Sphenisciformes, que ainda apresenta uma ampla abordagem osteológica descritiva do grupo. Também podem ser citados os trabalhos cruzando uma matriz de dados osteológicos e análises de DNA para fins filogenéticos como os de Bertelli & Giannini (2005), Slack *et. al.* (2006) e Subramanian *et al.* (2013). Por fim, os autores Hospitaleche e Jadwischczak, juntamente a outros colaboradores, apresentam estudos utilizando descrição e morfometria referentes a porções do esqueleto como crânio, tarsometarso, sinsacro e úmero de espécies fósseis contribuindo para a sistemática dos Sphenisciformes (ver Hospitaleche & Gasparini (2006), Hospitaleche e Tambussi (2006), Hospitaleche *et. al.* (2006), Hospitaleche & Jadwischczak (2011) e Jadwischczak (2014).

1.1.3 Justificativa

Atualmente, a maior parte dos estudos envolvendo *S. magellanicus* está relacionada à ecologia alimentar (e.g. SILVA, 2013; DI BENEDITO *et al.*, 2014; FRERE, GANDINI & LICHSTSCHEIN, 1996), comportamento reprodutivo e dinâmica de

populações (e. g. YORIO *et al.*, 2001; STOKES & DEE BOERSMA, 1999), migração (e. g. PUTZ, INGHAM & SMITH, 2000) e sobre os possíveis impactos antrópicos sobre as populações dessas aves (e. g. GARCÍA-BORBOROGLU *et al.*, 2006; CARDOSO *et al.*, 2011; GANDINI, FRERE & DEE BOERSMA, 1996). Os estudos iniciais na área da osteologia dos Sphenisciformes são trabalhos descritivos mais gerais para o grupo, com pequenas menções a *S. magellanicus*. Os estudos atuais utilizam a osteologia como arcabouço para a compreensão do registro fóssil, sistemática e evolução do grupo como um todo. Trabalhos osteológicos descritivos envolvendo apenas *S. magellanicus* ainda não foram feitos até o presente momento.

1.2 OBJETIVOS

O intuito deste trabalho é descrever a osteologia do pinguim-de-magalhães *Spheniscus magellanicus* com foco nos seguintes pontos:

- A merística de vértebras e costelas apresentadas pelos espécimes observados;
- A descrição do sínocrânio e pós-crânio de *S. magellanicus*;
- O desenvolvimento pós-natal observado nos esqueletos de *S. magellanicus*;
- Estabelecer uma relação entre o grau de maturidade caracterizado pela plumagem e os estágios de desenvolvimento pós-natal dos esqueletos amostrados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho envolve observações macroscópicas, análises estatísticas, dados coletados em fichas de necropsia e estudos pretéritos sobre os Sphenisciformes.

2.1 AMOSTRAS E COLETA DE DADOS

Todos os esqueletos utilizados para as análises estão tombados na Coleção Ornitológica do MUCIN – Museu de Ciências Naturais da UFRGS. Oitenta esqueletos completos de *S. magellanicus* foram criteriosamente observados e utilizados nas descrições e na merística das vértebras. Cada esqueleto foi analisado conforme *Ficha de Verificação Osteológica* (vide Apêndice 1), contendo itens de ausência e presença de elementos do sínclínio e pós-crânio. Além dos 80 esqueletos completos tombados, para a merística de costelas também foram utilizados dados de 101 espécimes dissecados no Setor de Coleções do MUCIN. Os dados foram anotados conforme a *Ficha Merística de Costelas - Aves* (vide Anexo 1).

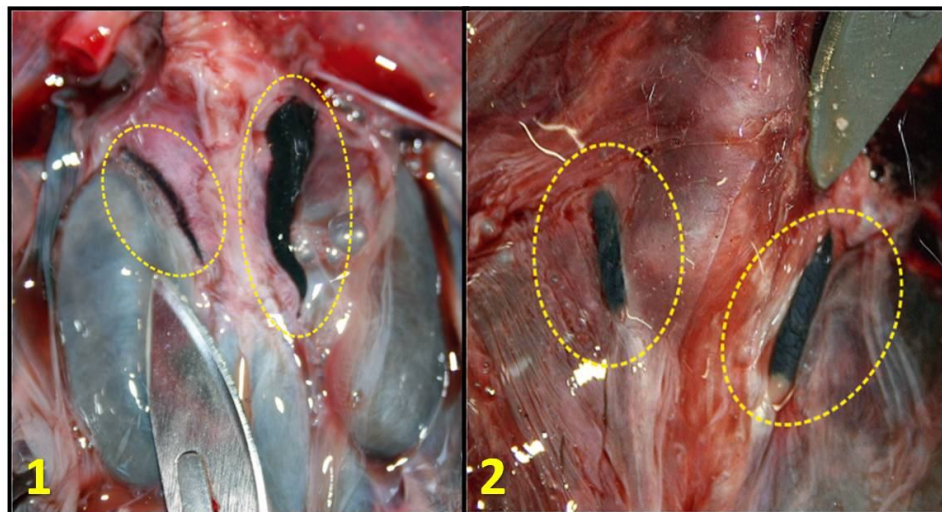
Todos os espécimes utilizados neste trabalho, sejam aqueles nos quais foram utilizados os dados de dissecações ou os esqueletos tombados, são provenientes do Litoral Norte do Rio Grande do Sul e foram coletados em monitoramentos realizados pelo Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – CECLIMAR/IB/UFRGS ou foram recebidos pelo Setor de Reabilitação de Animais Silvestres e Marinhos - CERAM.

2.2 SEXO E CLASSE ETÁRIA

A determinação do sexo dos espécimes utilizados nas análises foi feita através da observação das gônadas durante as dissecações e a definição do gênero seguiu

Vanstreels *et al.* (2012). O padrão sexual da gônada associado a cada sexo para o pinguim-de-magalhães pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 – Gônadas de pinguim-de-magalhães *S. magellanicus*: 1) o par de gônadas da fêmea, sendo possível visualizar o ovário vestigial dentro do círculo amarelo pontilhado à esquerda do ovário funcional no círculo ao lado; 2) o par de gônadas do macho, sendo possível visualizar nos círculos pontilhados de amarelo os dois testículos funcionais.



Fonte: Banco de imagens MUCIN (2015).

A classe etária dos animais foi estabelecida de acordo com a plumagem observada nos espécimes. Existem dois padrões característicos de plumagem registrados para *S. magellanicus*, uma associada ao adulto e outra ao indivíduo jovem. A plumagem do adulto apresenta o peito e ventre branco, dorso negro, cabeça negra com uma faixa branca circundando a garganta e estendendo-se até as laterais dos olhos, faixa preta circundando o peito e o ventre branco. Já o jovem é acinzentado na cabeça e no dorso, com uma faixa branca muito estreita que vai da garganta até os olhos, além do ventre e peito totalmente brancos (WILLIAMS, 1995; SICK, 1997).

Figura 3 - Padrões de plumagem de *S. magellanicus*. À esquerda um indivíduo adulto com a faixa preta circundando o ventre branco e uma faixa branca bem definida partindo do olho e circundando o pescoço. À direita o indivíduo jovem sem as faixas e de coloração mais acinzentada.



Fonte: Autora (2012).

2.3 NOMENCLATURA OSTEOLÓGICA

A nomenclatura osteológica referencial para as descrições ao longo do trabalho segue *Nomina Anatomica Avium* (Baumel *et al.*, 1993).

2.4 MERÍSTICA

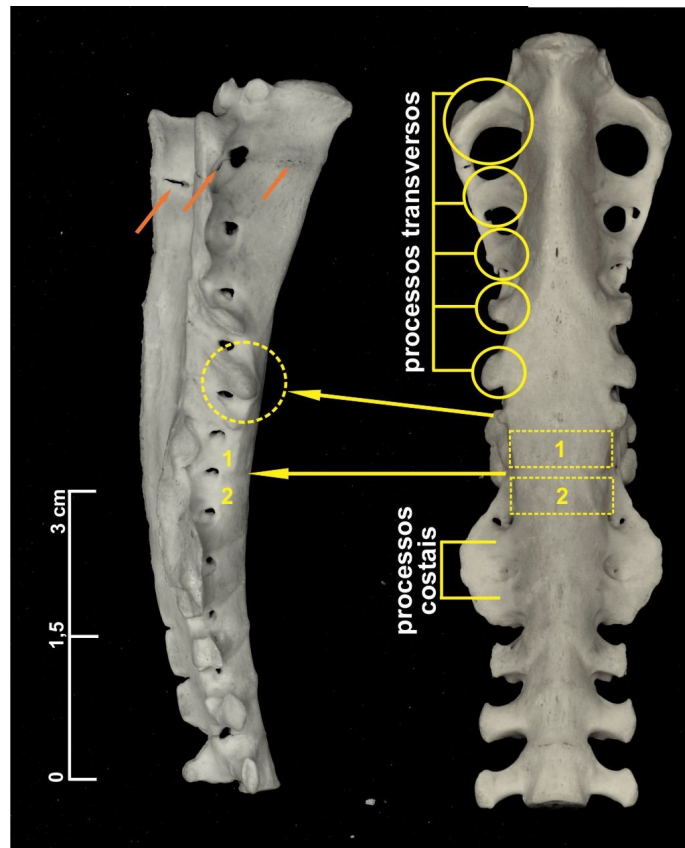
A merística das vértebras foi realizada nos 80 esqueletos tombados conforme o item 2.1, observando também, se ocorreu ou não fusão de elementos em peças como o sinsacro e pigóstilo, e o grau de fusão. A merística das costelas foi feita nos 80 esqueletos tombados e também foram analisadas as 101 fichas osteológicas, conforme o item 2.1. Para a correta realização da contagem de vértebras e costelas, primeiramente conceituou-se cada elemento e as definições seguem ao longo dos sub-itens abaixo.

2.4.1 Vértébras

Define-se ao longo deste trabalho as diferentes vértebras utilizando-se das descrições de Pycraft (1898), Shufledt (1901), Baumel *et al.* (1993), Triche (2007), e Jadwiszczak (2014), da seguinte maneira:

- *Cervicais*: a série cervical inicia pelo primeiro elemento ligado a base do crânio (*atlas*) e o último elemento será aquele anterior à primeira vértebra torácica. As vértebras cervicais podem possuir costelas, no entanto não se articulam com outras costelas ligadas ao esterno.
- *Torácicas*: a série torácica inicia no elemento mais cranial que possua uma *costela verdadeira*, ou seja, uma costela que possua tanto um segmento esternal quanto vertebral ligados entre si (vide item 2.5.2). Vértebras torácicas podem fazer parte do conjunto de elementos fusionados ao sinsacro em sua porção mais cranial (Figura 4). O pré-requisito para se classificar uma vértebra como torácica é que ela possua uma costela verdadeira (BAUMEL *et al.*, 1993).
- *Lombares*: estão fusionadas ao sinsacro, se situam entre as torácicas e as sacrais. As vértebras lombares também podem ser classificadas em torácico-lombares e lombares propriamente ditas. As torácico-lombares iniciais possuem processos transversos visíveis, semelhantes a uma vértebra torácica e a última possui um processo costal rudimentar. As lombares não possuem nenhum tipo de processo em suas laterais (JADWISZCZAK, 2014) (Figura 4). O processo costal é uma costela vestigial fusionada (BAUMEL *et al.*, 1993).
- *Sacrais*: podem ser um ou dois elementos que possuem o processo costal bastante alongado, partindo da lateral da vértebra e se projetando em direção à linha do acetábulo e do forame íleo-isquiático, podendo posteriormente se fusionar nessa região ao *Os coxae* (BAUMEL *et al.*, 1993) (Figura 4).
- *Sinsacro*: o sinsacro é composto por vértebras torácicas, lombares, sacrais e caudais anquilosadas formando uma peça única (Figura 4).

Figura 4 – Sinsacro de *S. magellanicus* em vista lateral (à esq.) e ventral (à dir.). Os processos transversos das vértebras torácicas e torácico-lombares estão evidenciados nos círculos de linha inteira. A última vértebra torácico-lombar possui o processo costal rudimentar, representado pela seta que indica o círculo de linha pontilhada, que dentro mostra o processo costal em vista lateral. As vértebras sacrais que não possuem qualquer tipo de processo estão representadas pelas caixas de linhas pontilhadas contendo os números 1 e 2, além das setas que as indicam em vista lateral. As setas laranja evidenciam as cicatrizes do processo de fusão da última vértebra torácica.

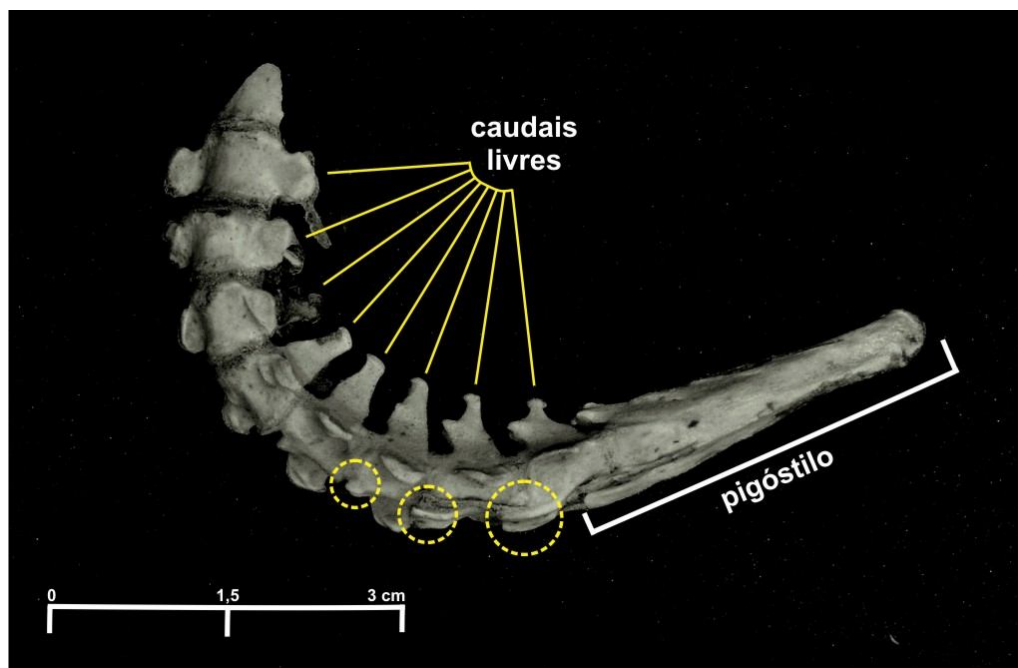


Fonte: Autora (2015)

- *Caudais*: as vértebras caudais podem estar fusionadas ao sinsacro (= *vertebrae caudalis stabilae*) ou estarem livres (= *vertebrae caudalis liberae*) (BAUMEL *et al.*, 1993). As fusionadas ao sinsacro iniciam logo após a última sacral e continuam até a extremidade do sinsacro (Figura 4). As duas ou três últimas caudais livres podem ser reconhecidas pela presença de espinhos hemais (= *processus haemalis*) bifurcados (TRICHE, 2007) (Figura 5).
- *Pigóstilo*: anquilose das últimas vértebras caudais. Dependendo do estágio de desenvolvimento do esqueleto da ave não é possível distinguir os elementos

em morfologia e número que o formam, devido ao grau de fusionamento (Figura 5).

Figura 5: Caudais livres e pigóstilo, articulados por processo especial de maceração da carcaça, em vista lateral. Os círculos amarelos de linhas pontilhadas representam os espinhos hemais bifurcados presentes nas últimas vértebras caudais. As caudais livres estão representadas pelas linhas amarelas, as duas primeiras aparecem em vista ventral. O pigóstilo é último elemento da série de vértebras caudais.



Fonte: Autora (2015)

Após a contagem das vértebras, foi estabelecida uma fórmula vertebral conforme:

C (cervicais) + **T** (torácicas) + **L** (lombares) + **S** (sacrais) + **Ca** (caudais) = **n** total de vértebras

Nessa fórmula, os elementos lombares (torácico-lombares e lombares propriamente ditas) são considerados como um todo. O mesmo acontece para as caudais, que podem estar unidas ao sinsacro, livres e unidas ao pigóstilo. O pigóstilo é considerado como apenas uma vértebra caudal (a última) nesta fórmula.

2.4.2 Costelas

Define-se as costelas ao longo deste trabalho segundo as descrições de Pycraft (1898), Shufeldt (1901), Baumel *et al.* (1993) e Triche (2007), da seguinte maneira:

- *Costela verdadeira* (= *costae completae verae*): é aquela que possui tanto um segmento vertebral, (i. e. articulado a uma vértebra) quanto um segmento esternal (i. e. articulado ao esterno) articulados entre si. A costela também é considerada verdadeira mesmo quando o segmento esternal está indiretamente articulado ao esterno, apenas repousado sobre uma costela esternal anterior a ela.
- *Costela livre* (= *costae incompletae*): são as que possuem apenas um segmento vertebral.
- *Costela flutuante*: (= *costae incompletae spurie*): podem estar livres do esterno, mas articuladas a um segmento vertebral ligado ou podem não estar articuladas nem ao esterno e nem a uma vértebra, geralmente localizadas na porção mais distal do conjunto de costelas. Nesse último caso podem ser encontrados elementos somente esternais, somente vertebrais, ou ambos, unidos entre si por uma fina cartilagem, mas soltos do esterno e de uma vértebra.

Assim, os tipos possíveis de costelas que podem ser encontradas foram classificados como, a partir de Baumel *et al.* (1993):

- *Esternais fixas*: costelas articuladas ao esterno.
- *Vertebrais Verdadeiras*: costelas fixas às vértebras.
- *Vertebrais Livres*: articuladas apenas as vértebras e não a um segmento esternal.
- *Flutuante Esternal Verdadeira*: as costelas livres do esterno, mas que estão ligadas a um segmento vertebral, por sua vez, diretamente articulado a uma

vértebra, sendo esse conjunto de segmentos classificados como uma *costela verdadeira*.

- *Flutuante Eterna*: segmento externo que não está articulado ao esterno, mas “flutuando” na região mais próxima dele. Pode estar ligada por uma fina cartilagem a um segmento vertebral também flutuante.
- *Flutuante Vertebral*: segmento que não está articulado a uma vértebra, mas que “flutua” na região mais próxima às vértebras. Podem estar ligadas a uma flutuante externa.
- *Flutuante*: quando um segmento muito pequeno está situado igualmente distribuído tanto para a região do esterno e das vértebras, sendo impossível dizer a qual região pertence.

2.5 DESCRIÇÃO DO ESQUELETO

Foi feita a descrição do esqueleto completo de *S. magellanicus* para que se obtivesse a caracterização osteológica da espécie e também para servir de apoio nas considerações acerca do desenvolvimento dos esqueletos analisados no presente estudo. Para as descrições, a literatura utilizada base foi: Coues (1872), Watson (1883), Pycraft (1898), Shufeldt (1909), Triche (2007), específicos para Sphenisciformes; e também Baumel *et al.* (1993) para a morfologia do esqueleto das aves, Ferreira & Donatelli (2005), Donatelli (2012) e Dénes & Silveira (2007), tratando de outras ordens de aves, como apoio para a morfologia do sínclânio.

2.6 DESENVOLVIMENTO PÓS-NATAL DO ESQUELETO

Cada esqueleto teve suas peças anatômicas analisadas para averiguar o desenvolvimento pós-natal presente nesses espécimes. A partir das descrições contidas nas fichas osteológicas, foi criada uma matriz dos caracteres do sínclânio e pós-crânio que demonstraram algum grau de transformação esquelética visível ao

longo dos 80 esqueletos observados, e a cada grau de transformação foi atribuído um valor (conforme Apêndice 2). Esses dados geraram uma tabela numérica ao final, que pôde ser utilizada para realizar os testes estatísticos e, posteriormente, esses testes servirem de base para traçar as sequências de ossificação. Como não existe algum estudo específico para os Sphenisciformes sobre o desenvolvimento pós-natal (apenas pré-natal) do esqueleto, foram utilizados os estudos de Hogg (1978; 1980; 1982), Thomas & Cooper (2014) e Jollie (1957) com a espécie *Gallus gallus* como embasamento para as sequências de ossificação. Alguns dados sobre ninhegos providos por Pycraft (1898) para Sphenisciformes também foram utilizados.

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas utilizadas foram Teste *t* de *Student* e Teste Exato de *Fischer* para avaliar os dados merísticos. Os programas utilizados foram SPSS e Bioestat 5.0. Para as comparações entre os dados de desenvolvimento pós-natal foi realizada análise de clusters utilizando o índice de dissimilaridade de *Bray-Curtis*, através do programa PAST, versão 2.08b.

2.8 DOCUMENTAÇÃO

Os esqueletos e estruturas foram fotografados com uma câmera semi-profissional Nikon D7000 com lente macro 60 mm f 2.8 e uma câmera semi-profissional Canon sx50hs. As imagens foram editadas no programa de edição de fotos Picasa 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 80 esqueletos tombados na coleção científica do MUCIN observados neste estudo, 47 eram fêmeas, apenas 12 eram machos, 21 indeterminados. Em relação à classe etária, obteve-se 44 indivíduos identificados pela plumagem como jovens, 33 como adultos e três indivíduos não possuíam informações quanto à plumagem.

3.1 MERÍSTICA

Além das contagens de vértebras e costelas, buscou-se pela associação entre as plumagens, o sexo e a simetria do lado esquerdo e direito em relação aos espécimes analisados.

3.1.1 Vértebras

A fórmula vertebral geral estabelecida (conforme item 2.4.1) para *S. magellanicus* foi:

$$\mathbf{C\ 14-15 + T\ 7-8 + L\ 6-8 + S\ 2 + Ca\ 10-12 = 41-43}$$

A fórmula de maior frequência foi $\mathbf{C\ 15+T\ 7+L\ 7 + S\ 2 + Ca\ 12 = 43}$, em 36 dos 80 espécimes analisados (45%), seguida por $\mathbf{C\ 15+T\ 7+L\ 7 + S\ 2 + Ca\ 11 = 42}$, em 32 dos 80 espécimes observados (41%). Um indivíduo apresentou $\mathbf{Ca=10}$, um apresentou $\mathbf{T=8}$, um apresentou $\mathbf{C=14}$, dois apresentaram $\mathbf{L=8}$ e três apresentaram $\mathbf{L=6}$. Este dado indica que, em geral, os totais para cada tipo de vértebras sofrem pouca variação dentro da espécie.

O padrão merístico das vértebras foi praticamente constante nas vértebras cervicais. A maior variabilidade ocorreu no número de caudais livres. O padrão de fusionamento das vértebras ligadas ao sinsacro e ao pigóstilo também foi variado. As torácico-lombares apareceram em número de quatro, cinco ou seis, já as lombares e

sacrais foram constantes ao longo dos esqueletos amostrados. Os elementos fusionados ao pigóstilo foram observados num total de cinco ou seis. Em alguns casos os limites entre as vértebras foram indistintos, mas a contagem pôde ser feita pelos processos hemais ainda evidentes.

Tabela 1- Valor total e percentual (*f*) encontrado para cada tipo de vértebra nos espécimes de *S. magellanicus* avaliados.

<u>VÉRTEBRAS</u>	
Total	<i>f</i>
<u>CERVICAIS</u>	
14	1%
15	99%
<u>TORÁRICAS LIVRES</u>	
6	81%
7	19%
<u>TORÁRICAS FUSIONADAS AO SINSACRO</u>	
0	16%
1	84%
<u>TORÁCICO-LOMBARES</u>	
4	3%
5	96%
6	1%
<u>LOMBARES</u>	
2	100%
<u>SACRAIS</u>	
2	100%
<u>CAUDAIS FUSIONADAS AO SINSACRO</u>	
2	5%
3	91%
4	4%
<u>CAUDAIS LIVRES</u>	
6	1%
7	44%
8	46%
9	1%
<u>CAUDAIS FUSIONADAS AO PÍGÓSTILO</u>	
5	33%
6	64%
<u>TOTAL DE ELEMENTOS NO SINSACRO</u>	
12	19%
13	81%

Fonte: Autora (2015)

O número de cervicais (15) encontrados nos espécimes é o mesmo relatado por Shufeldt (1901) e Triche (2003) para os Sphenisciformes. Este valor observado

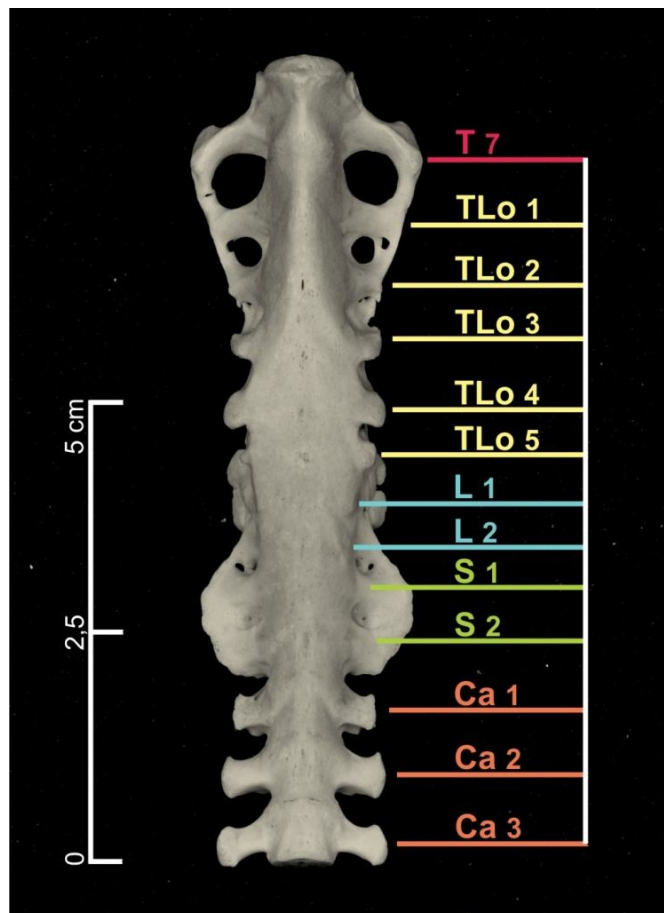
discorda de Gervais & Alix (1877) e Watson (1883), que afirmam haver 13 vértebras cervicais para os pinguins. Essa discordância pode estar relacionada à definição da vértebra cervical em si, embora não esteja escrito, deduz-se que nos referidos estudos as cervicais podem ter sido definidas como todas aquelas que não possuem qualquer tipo de costelas articuladas, o que levaria ao total de 13 vértebras cervicais. Neste trabalho, a metodologia assumida para as vértebras é de que as torácicas são todas aquelas com costelas verdadeiras (segmento vertebral + esternal). Duas vértebras possuem costelas, no entanto, elas permanecem livres do esterno e são, em geral, pequenas, assim somam-se as 13 sem qualquer tipo de costela, totalizando 15 cervicais. Um exemplo é o ocorrido em um dos esqueletos analisados nesse trabalho, o único que possui 14 cervicais: a última cervical, ao invés de possuir as costelas vertebrais livres usuais, totalizando 15, apresentou essas costelas articuladas com uma costela esternal a mais anterior que esse esterno possuía (confirmado inclusive pela marca dessa costela extra), passando então a ser uma torácica pela definição metodológica utilizada aqui.

Em relação às vértebras torácicas, a literatura existente para os Sphenisciformes varia bastante no que tange ao número total de torácicas possíveis. Gervais & Alix (1877) não mencionam o número total de torácicas, mas afirmam que a primeira e a segunda possuem um par de costelas curtas. Entretanto, como antes mencionado, essas duas vértebras correspondem as duas últimas cervicais de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho. Para Watson (1883), as torácicas são todas aquelas que possuem costelas móveis, e configuram-se em número de nove em todos os pinguins. Como no outro caso, a diferença metodológica é que leva as duas últimas cervicais a serem contadas juntamente às torácicas. Shufeldt (1901) atribui um valor de seis para o total de torácicas em Sphenisciformes. Este valor concorda com o observado em 83% dos espécimes amostrados neste trabalho. Além disso, o autor pode ter considerado as torácicas apenas como os elementos livres. Já Triche (2003) atribui um total de sete vértebras aos Sphenisciformes, o que também se enquadra com o observado em 19% dos espécimes. Entretanto, não está definido

no texto da autora se todas as torácicas são livres e se o que está fusionado ao sinsacro é assumido apenas como sacral, como também, a definição de vértebra torácica. Na amostra desta última autora, foram observados apenas dois espécimes de *S. magellanicus*.

As vértebras lombares apresentam um padrão constante ao longo do material amostrado, sempre duas presentes no sinsacro. Apesar de ter sido observada uma variação no total possível de torácico-lombares, em 77% dos espécimes o número de torácico-lombares mais frequente foi de cinco vértebras. As vértebras sacrais exibiram o mesmo padrão das lombares, duas ocorrendo no sinsacro em 100% dos esqueletos analisados. A literatura existente sobre os Sphenisciformes não traz a representação das vértebras presentes no sinsacro, com exceção de Jadwiszczak (2014), o qual embasou a metodologia amostral para esta peça. Gervais & Alix (1877) não comentam o número de vértebras para o sinsacro, apenas referem-nas como dorsais fusionadas. Shufeldt (1901) não assume um número de vértebras ao sinsacro e nem mesmo o tipo de vértebras que ali ocorrem, apenas menciona que ocorrem costelas articuladas a esta peça. Watson (1883) define todos os elementos do sinsacro como sendo vértebras lombo-sacrais, com exceção do primeiro elemento, que seria a última torácica por possuir o um par de vértebras articuladas. No entanto, o autor admite que existam vértebras do cóccix que podem estar fusionadas ao sinsacro, visto pelos processos transversos não fusionados entre si, mas estas ainda não haviam sido bem definidas pela literatura e atribui o total de 12 elementos para a estrutura. Triche (2003) afirma que todas as sacrais estão fusionadas ao sinsacro e não distingue os tipos vertebrais, mas contabiliza um total de 13 elementos para os pinguins do gênero *Spheniscus*. A descrição que mais se aproxima do que está sendo apresentado no presente trabalho se encontra em Pycraft (1898): as vértebras sacrais verdadeiras seriam de duas a três, a última vértebra torácica pode se fusionar com a primeira da série lombar com o sinsacro contendo de 12 a 14 vértebras. Em 81% dos esqueletos observados neste trabalho o sinsacro apresentou um total de 13 vértebras fusionadas.

Figura 6 – Sinsacro de *S. magellanicus*, em vista ventral: (Ca) caudais na porção posterior da peça, (L) lombares, (S) sacrais (T7) última torácica já fusionada à porção anterior da peça, (TLo) torácico-lombares. As costelas vertebrais estão desarticuladas, bem como os coxae.



Fonte: Autora (2015)

Foi encontrada também uma discrepância entre os valores totais de vértebras caudais observados neste estudo e a literatura, em grande parte pela metodologia utilizada grande número amostral de esqueletos de *S. magellanicus* analisados aqui. Gervais & Alix (1877) apresentam um valor apenas para “a parte livre do cóccix”, sendo esta composta de sete vértebras para os pinguins em geral. Em 44% dos espécimes analisados foi obtido este valor. Pycraft (1898) não contabiliza as caudais livres, mas é o único a mencionar o sinsacro contendo vértebras caudais, num total de um a três. Dos 80 esqueletos analisados neste trabalho, 91% da amostra exibiu três caudais fusionadas compondo a parte posterior final do sinsacro. Shulfeldt (1901) relata sete caudais livres para os Spheniscidae mais o pigóstilo. Watson (1883) e

Triche (2003) fazem uma referência particular aos pinguins do gênero *Spheniscus*, afirmando um valor total de 9 caudais, compostas por 8 livres mais o pigóstilo. Em 46% dos 80 esqueletos observados neste estudo foram observadas oito caudais livres.

O número de vértebras anquilosadas no pigóstilo variou entre 5 (33%) e seis (64%) neste estudo, e em 3% da amostra o pigóstilo estava ausente (nesses casos a peça foi perdida). Observou-se que, em grande parte dos espécimes analisados, o último elemento do pigóstilo estava em diferentes estágios de fusionamento, e que o número de caudais livres e número de elementos do pigóstilo eram interdependentes: em 41% dos espécimes, quando o pigóstilo apresentava seis elementos, o último estava em processo de fusão e sete caudais estavam livres; em contrapartida, 28% dos espécimes com cinco elementos no pigóstilo não apresentaram o último elemento se fusionando e, traçando sua morfologia, ele foi encontrado livre, totalizando oito caudais livres. Em 19% da amostra foi observada a configuração de seis elementos no pigóstilo, estando o mais proximal em processo de fusão e oito elementos livres. Triche (2003) não define um número de elementos que forma o pigóstilo de Sphenisciformes. Watson (1883) e Shufeldt (1901) citam Gervais & Alix (1877), que por sua vez, afirmam que o pigóstilo possui nove vértebras caudais embrionárias. Já Pycraft (1898) afirma que o pigóstilo possui seis vértebras fusionadas. Nenhum dos estudos é específico em valores de elementos do pigóstilo para *S. magellanicus*.

Figura 7 – Pigóstilo de *S. magellanicus* em vista lateral. As linhas pontilhadas evidenciam as cicatrizes de fusionamento das caudais que formam a peça.



Fonte: Autora (2015).

Por fim, em relação ao número total de vértebras compondo a coluna vertebral de Sphenisciformes, apenas Watson (1883) e Triche (2003) referem-se especificamente aos pinguins do gênero *Spheniscus*, afirmando que este possui um total de 43 vértebras em função de possuir uma caudal livre a mais que os demais Spheniscidae. Em 48% dos espécimes analisados no presente trabalho, a soma da fórmula vertebral foi de 43 vértebras, concordando com o predito pelos dois autores. Em 41% dos espécimes o total vertebral foi de 42 elementos. Essa variação de 42-43 vértebras ocorreu praticamente pela variação do número de caudais, mais especificamente, pelo padrão de fusionamento das vértebras do pigóstilo, já comentado anteriormente, em que o número de caudais livres varia de acordo com a última caudal estar ou não fusionada ao pigóstilo.

Tabela 2 - Quadro comparativo entre os diferentes tipos de vértebras de *S. magellanicus* reportados na literatura – cervicais (C), torácicas livres (TL), torácicas fusionadas ao sinsacro (TSyn), torácico-lombares (TLo), lombares (L), sacrais (S), caudais fusionadas ao sinsacro (CaSyn), caudais livres (CaL), caudas fusionadas ao pigóstilo (CaPyg), total de vértebras do sinsacro (Syn) e total de vértebras da coluna (TVert), comparada ao presente estudo, informando se houve distinção do tipo de vértebra (D) e o número associado a cada uma (n) para os espécimes de *S. magellanicus* amostrados.

		C	TL	TSyn	TLo	L	S	CaSyn	CaL	CaPyg	Syn	TVert
Gervais & Alix (1877)	D	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
	n	13	-	-	-	-	-	-	7	9	-	-
Watson (1883)	D	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	-	Sim	Sim
	n	13	9	1	-	-	-	-	9	-	12	43
Pycraft (1898)	D	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
	n	-	-	1	-	-	2-3	1-3	-	6	12-14	-
Shufeldt (1901)	D	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	-	Sim	-
	n	15	6	-	-	-	-	-	7	-	-	-
Triche (2003)	D	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
	n	15	7	-	-	-	13	-	8	-	13	43
Presente estudo (2015)	D	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	n	15	6-7	0-1	4-6	2	2	2-4	6-9	5-6	12-13	41-43

Fonte: Autora (2015)

3.1.2 Costelas

De acordo com o item 2.1, o n amostral para as costelas inclui os 80 esqueletos tombados no MUCIN e também os dados anotados em 101 fichas osteológicas durante dissecações de espécimes de *S. magellanicus*, totalizando 181 espécimes utilizados nesta seção.

Em relação às costelas esternais, o padrão merístico mais frequente observado (Figura 8) foi de seis costelas fixas mais uma costela esternal flutuante verdadeira (Tabela 3), o que pode ser um padrão para *S. magellanicus*. Em relação às flutuantes, pouco mais da metade do total de indivíduos analisados apresentaram este tipo de costela, e um pouco menos da metade não apresentou nenhuma flutuante esternal.

Tabela 3 – Merística das costelas esternais de *S. magellanicus* para o lado esquerdo e direito: (n) número de espécimes que apresentaram o respectivo tipo de costela esternal e (f) frequência de ocorrência em relação ao número total de espécimes avaliados = 181.

COSTELAS ESTERNAIS				
Total	Lado direito		Lado esquerdo	
	n	f	n	f
<u>ESTERNAIS FIXAS</u>				
6	178	98,3%	177	97,8%
7	3	1,7%	4	2,2%
<u>FLUTUANTES ESTERNAIS VERDADEIRAS</u>				
0	1	0,6%	1	0,6%
1	180	99,4%	180	99,4%
<u>FLUTUANTES ESTERNAIS</u>				
0	80	44,2%	84	46,4%
1	96	53,0%	93	51,4%
2	5	2,8%	4	2,2%

Fonte: Autora (2015)

Dos espécimes que apresentaram sete costelas esternais fixas, dois apresentaram uma torácica a mais acompanhando esse aumento no número de esternais fixas: um esqueleto possuía uma vértebra torácica a mais, além de uma

vertebral verdadeira também; o outro teve a última cervical tornando-se torácica porque apresentou uma costela esternal ligada a uma costela vertebral - geralmente livre; e o terceiro espécime com um valor de sete no total de esternais fixas apresentou as primeiras bem pequenas e ambas não se articulavam com nenhuma vertebral, o que não envolveu mudanças no número de vértebras torácicas.

Foi realizado o teste *t* de *Student* para amostras dependentes para avaliar as diferenças numéricas de costelas do lado esquerdo em relação ao lado direito em cada espécime. Compararam-se as esternais fixas, as flutuantes verdadeiras e as flutuantes de cada lado. Não houve diferença entre as médias das esternais fixas porque os dois lados eram simétricos em todos os espécimes ($p=1$), o mesmo ocorrendo para as flutuantes verdadeiras. Para as flutuantes, o p bilateral foi de 0,2764, também revelando uma diferença não significativa entre as médias. Assim, conclui-se que os lados são simétricos nos espécimes observados, em relação às costelas esternais.

Figura 8 – Esterno de *S. magellanicus* com as costelas esternais articuladas. Os números de 1 a 6 correspondem às costelas esternais fixas. As setas apontam para uma costela flutuante esternal verdadeira (FEV) e para uma flutuante esternal (FE).



Fonte: Autora (2015)

Para as costelas vertebrais, foi observada na amostra uma variação de uma a quatro costelas vertebrais fixas, entretanto mais de 90% dos espécimes apresentaram um total de duas costelas deste tipo (Tabela 4). Em relação às vertebrais verdadeiras, mais de 98% dos espécimes apresentaram sete costelas deste tipo. Apenas dois

espécimes apresentaram um total de oito vertebrais verdadeiras, os mesmos já citados anteriormente, nos quais um apresentou uma vértebra torácica a mais e o outro em que a cervical tornou-se torácica, ambos com esternais fixas a mais também. Assim, o padrão mais frequente foi de duas vertebrais livres e sete vertebrais fixas. A maior parte dos espécimes não apresentou vertebrais flutuantes, mas na maioria das vezes em que apresentaram, essa costela estava ligada a um segmento flutuante da região esternal.

Tabela 4 - Merística das costelas vertebrais de *S. magellanicus* para o lado esquerdo e direito: (*n*) número de espécimes que apresentaram o respectivo total de tipo de costela vertebral e (*f*) frequência de ocorrência em relação ao número total de espécimes avaliados = 181.

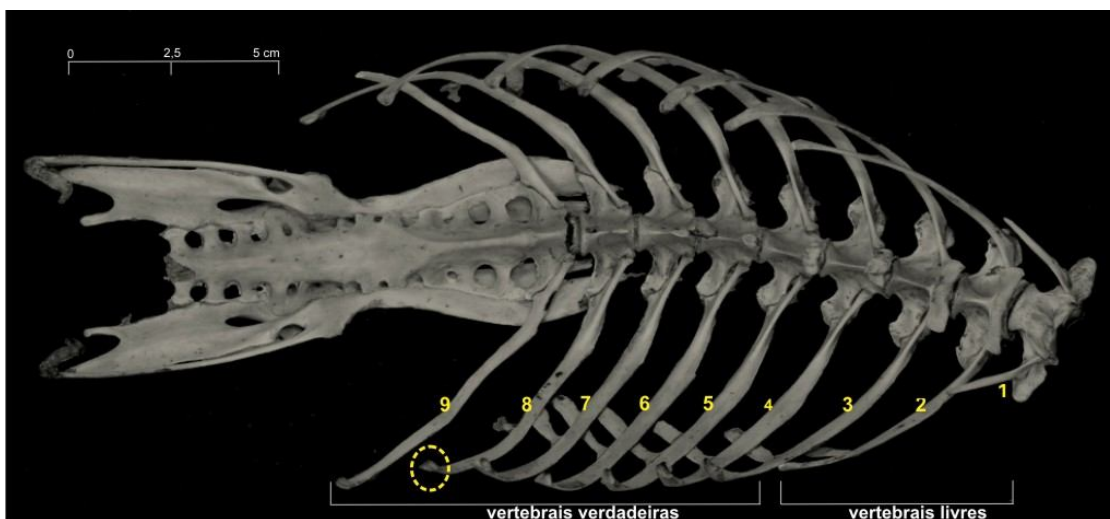
COSTELAS VERTEBRAIS				
Total	Lado direito		Lado esquerdo	
	<i>n</i>	<i>f</i>	<i>n</i>	<i>f</i>
<u>VERTEBRAIS LIVRES</u>				
1	4	2,2%	4	2,2%
2	171	94,5%	170	93,9%
3	5	2,8%	6	3,3%
4	1	0,6%	1	0,6%
<u>VERTEBRAIS VERDADEIRAS</u>				
7	179	98,9%	179	98,9%
8	2	1,1%	2	1,1%
<u>VERTEBRAIS FLUTUANTES</u>				
0	145	80,1%	142	78,5%
1	36	19,9%	39	21,5%

Fonte: Autora (2015)

O padrão geral para o número total de costelas articuladas às vértebras (estando ou não articuladas a um segmento esternal) foi de nove costelas vertebrais, ocorrendo em 171 espécimes (Figura 9). As variações apresentadas foram: um espécime cujo número de costelas vertebrais articuladas foi de 11 em ambos os lados; cinco espécimes com dez do lado esquerdo e seis com dez do lado direito; e três espécimes com apenas oito costelas vertebrais articuladas às vértebras, em ambos os lados.

Para as costelas vertebrais também foi realizado o Teste *t* de *Student* para amostras dependentes a fim avaliar as diferenças numéricas de costelas do lado esquerdo em relação ao lado direito em cada espécime. As vertebrais verdadeiras apresentaram simetria do lado esquerdo e direito em todos os espécimes, por isso não foram testadas. As vertebrais livres não apresentaram diferença entre as médias ($p=1$) e as vertebrais flutuantes apresentaram um valor de $p=0,4068$. Esses resultados também indicam a simetria entre lado esquerdo e direito no que tange às costelas vertebrais.

Figura 9 – Costelas vertebrais de *S. magellanicus*. Os números 1 e 2 representam as costelas vertebrais livres, que não se articulam com um segmento esternal. Os números de 3 a 9 representam as costelas vertebrais verdadeiras, que se articulam com um segmento vertebral. O círculo amarelo pontilhado evidencia a cicatriz dessa articulação com as costelas esternais, ausente nas vertebrais livres, com uma extremidade afilada.



Fonte: Autora (2015)

Como o total de costelas vertebrais foi bastante variado (8-11) se comparada às costelas esternais, decidiu-se investigar se essa variação poderia estar relacionada ao sexo ou à plumagem dos espécimes, pois a plumagem poderia estar refletindo a condição de desenvolvimento esquelético dos espécimes. Para tal, foi utilizado o *Teste Exato de Fischer* comparando as vertebrais do lado esquerdo e lado direito, primeiramente em relação ao sexo. Não houve associação nem para o lado esquerdo,

apresentando o valor de $p=0,066$, e nem para o lado direito, que apresentou um $p=0,103$. Ainda usando o Teste Exato de *Fischer*, compararam-se as costelas de ambos os lados à plumagem do adulto e do juvenil. Houve associação entre a variável plumagem com as costelas de ambos os lados, com $p=0,035$ para o lado esquerdo e $p=0,016$ para o lado direito. Através dos resíduos ajustados foi obtida uma maior associação da plumagem do adulto a um total de 10 costelas vertebrais para ambos os lados. Os adultos que se associaram a esse valor foram aqueles que possuíam uma vértebra torácica a mais e os demais foram aqueles com os esqueletos mais robustos dentre os adultos na análise de desenvolvimento do esqueleto.

Watson (1883) afirma que todos os pinguins possuem 10 costelas vertebrais e argumenta sobre os resultados de Gervais & Alix (1877) e Reid (1835), cujos trabalhos relataram nove costelas vertebrais para *Eudyptes chrysocome* e *Aptenodytes patagonicus*, respectivamente, afirmando que o último par de costelas é pequeno e solto da coluna vertebral, por isso “apto para ser perdido de vista ou omitido”. Watson (1883) na verdade trata de uma costela flutuante quando se refere ao último par, e os outros dois autores estão referindo-se apenas as costelas que possuem articulação com as vértebras. Reid (1835) descreve exatamente parte do que foi visto nos resultados aqui apresentados para o *S. magellanicus*, relatando que as duas primeiras costelas vertebrais de *A. patagonicus* não se articulam com o esterno, mas sete subsequentes sim, e que o esterno possui sete costelas, sendo a última curva na sua extremidade posterior. Gervais & Alix (1877) relatam que existem dois pares de “costelas posteriores” no sinsacro, sendo uma “soldada” a ele e a outra não. A descrição se assemelha com o último par de vertebrais verdadeiras e um par de vertebrais flutuantes. Os autores relatam seis costelas articuladas ao esterno. Watson (1883), como os demais autores, afirma que as duas primeiras costelas carecem de articulação com um segmento esternal e acrescenta que a décima vertebral é rudimentar e não articulada com a coluna vertebral. Sobre as costelas esternais, Watson (1883) define-as num total de oito: seis articuladas ao esterno, a sétima presa apenas por ligamento à sexta, e a oitava comportando-se exatamente como a décima

vertebral e articulada a ela por ligamento. Essa descrição do autor para os Sphenisciformes é semelhante ao observado no presente estudo para as costelas flutuantes de *S. magellanicus*. Pycraft (1898) também observa as duas primeiras vertebrais livres, além de descrever a presença de costelas flutuantes após o último par de costelas articuladas. O número total de vertebrais para este autor é de 9 a 10 pares, entretanto ele refere-se a todas elas como livres. Não há referência a um total de costelas esternais, mas há referência ao número de cicatrizes articulação, seis no total, o que corresponde à maioria dos valores observados nas amostras de *S. magellanicus*. Shufledt (1901) cita os demais autores para descrever a merística das costelas. Triche (2003) define que para os pinguins dez costelas se articulam com as vértebras torácicas. Entretanto em sua análise, como já foi dito, foram observados apenas dois esqueletos de *S. magellanicus*, e neste estudo, dos 80 esqueletos observados e dos dados de 101 fichas osteológicas, apenas seis espécimes apresentaram 10 costelas vertebrais articuladas. A autora não faz referência sobre o número de costelas esternais.

3.2 DESCRIÇÃO DO ESQUELETO

Nos tópicos que se seguem será descrito o esqueleto completo de *Spheniscus magellanicus*.

3.2.1 Esqueleto axial

O esqueleto axial é composto pelo sincrânio, que compreende crânio e mandíbula, além das vértebras e suas costelas associadas.

3.2.1.1 Sincrânio

O sincrânio é composto por crânio e mandíbula. O crânio do pinguim-de-magalhães é bastante robusto, alongado e comprido dorso-ventralmente. O rostro é mais longo que a caixa craniana, mas nunca mais curto que ela (COUES, 1872).

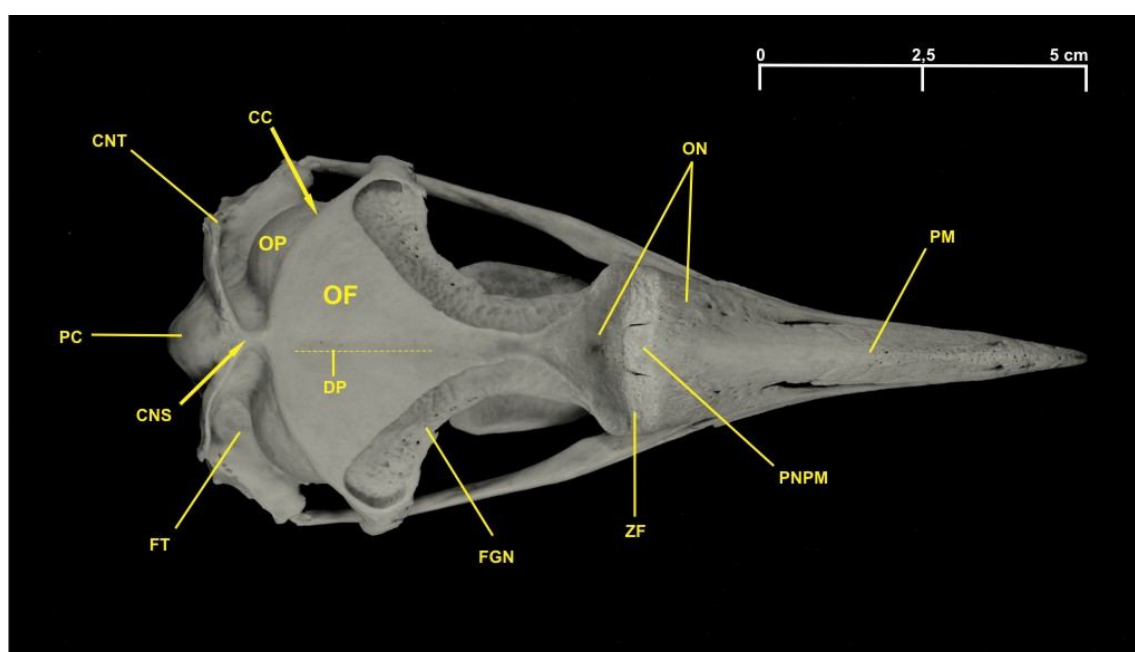
Ossa cranii

Os frontale: em *S. magellanicus* adultos o osso frontal está totalmente fusionado a *os parietale* na sua porção caudal e a *os nasale* na sua porção rostral. Possui uma crista aprofundada (*depressio frontalis*) (Figura 10 e 13) na sua porção medial, evidenciando o lado esquerdo e direito, ambos abaloados na região próxima do dorso do crânio, limite com *os parietale* (Figura 10). Ao longo do desenvolvimento, *os frontale* adquirem uma textura marcada por inúmeras ranhuras, contrastando com espécimes jovens que apresentam uma textura totalmente lisa (Figura 15). O osso frontal também se funde com *os mesethmoidale* e *os ectethmoidale* ventralmente e com *os laterosphenoidale* caudo-ventralmente (TRICHE, 2003). A cavidade da glândula de sal (*fossae glandulae nasalis*) ocupa grande parte de *os frontale* (Figura 10), formando um sulco amplo e aprofundado nos espécimes mais desenvolvidos e totalmente marcada por pequenas pontuações (Figura 15), além de uma crista robusta na margem de *os frontale*. A *fossae glandulae nasalis* acompanha toda a extensão do osso frontal desde seu limite com o osso parietal até o osso nasal (PYCRAFT, 1898). Esta fossa é sempre mais profunda na região de contato com o processo pós-orbital (Figura 15), ficando mais rasa quanto mais se aproxima do limite com *os nasale* (WATSON, 1883) (Figura 10).

Os parietale: em *S. magellanicus* o parietal faz limite com *os frontale* em sua extremidade rostral, com *os squamosum* na extremidade caudal, com *os occipitale* ao longo de toda a borda medial (Figura 10 e 11) e com *os laterosphenoidale* na porção caudal a órbita. Nos indivíduos de maior maturidade física, a textura dos parietais é marcada por rugosidades (figura 15), e lisa em indivíduos de menor maturidade. Nos

adultos, o limite com os *frontale* é marcado pela *crista coronalis* (PYCRAFT, 1898) (Figura 10 e 15), não distinta nos espécimes mais jovens. O processo pós-orbital (*processus postorbitalis*) (Figura 10 e 15) tem forma de gancho e é pontiagudo nos adultos.

Figura 10 – Crânio de *S. magellanicus*, vista dorsal: (CC) *crista coronalis*, (CNS) *crista nuchalis sagitallis*, (CNT) *crista nuchalis transversa*, (DP) *depressio frontalis*, (FGN) *fossae glandulae nasalis*, (FT) *fossa temporalis*, (OF) *os frontale*, (ON) *os nasale*, (OP) *os parietale*, (PC) *proeminetia cerebellaris*, (PM) *os premaxillare*, (PNPM) processo nasal da pré-maxila, (ZF) *zona flexoria craniofacialis*.



Fonte: Autora (2015)

Os *lacrimale*: não se fusionam a os *ectethmoidale*, apenas se encaixam sob os *nasale* e apóiam-se sobre a barra jugal (os *jugale*). Possuem um forame (forame lacrimal) variável em tamanho e forma nos espécimes observados. Os lacrimais posicionam-se anteriormente as órbitas como uma barra vertical. O dorso (cabeça do lacrimal) é curvado, acompanhado a margem latero-ventral do osso nasal. O ventre do lacrimal é uma placa estreita achatada dorso-ventralmente, da mesma largura da porção do arco jugal a qual se articula. A porção medial dos lacrimais é expandida, onde se encontra o forame lacrimal (Figura 17). . O processo descendente do lacrimal é especialmente curto em *Spheniscus* (CRACRAFT, 1967)

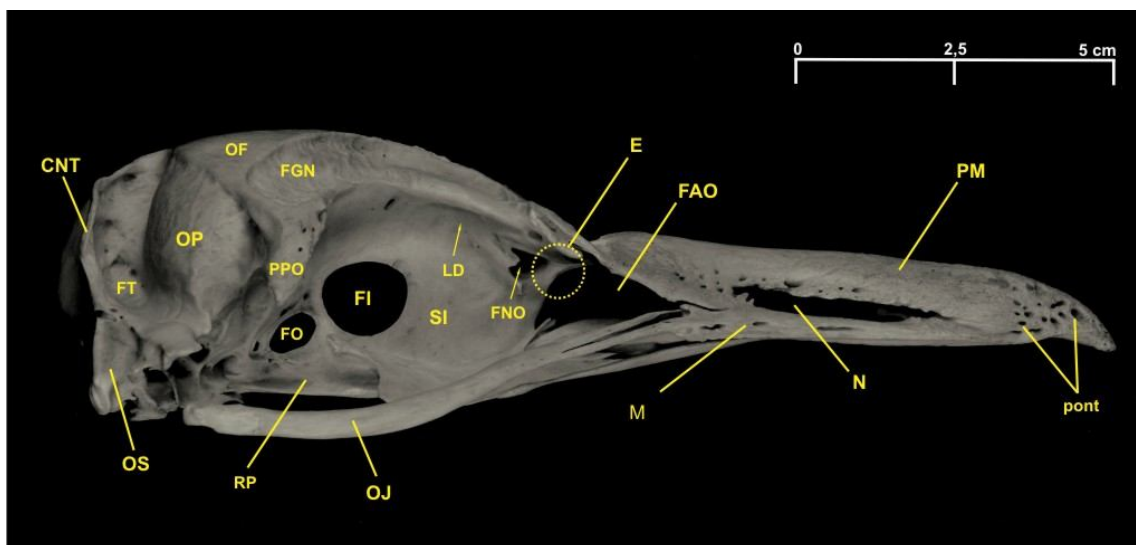
Os ectethmoidale: é fracamente desenvolvido nos Sphenisciformes e não se funde ao lacrimal (CRACRAFT, 1967). A porção dorsal do osso etmóide é em forma de placa, posicionando-se sob os *nasale*, a qual se funde ao longo do desenvolvimento físico. Do centro parte uma projeção que se funde a os *mesethmoidale* contribuindo na formação do septo inter-orbital (Figura 11 e 12). Lateralmente não se funde a nenhuma outra estrutura (TRICHE, 2003). Dorsalmente se funde a os *mesethmoidale*, contribuindo na formação da *lamina dorsalis* do mesetmóide (localizada caudal a os *frontale* e perpendicular a placa inter-orbital). É o teto do *foramen nervus olfactorii*.

Os mesethmoidale: posicionam-se entre as órbitas formando uma placa inter-orbital ou *septum interorbitale*. Fusionam-se ao ventre do osso frontal, formando a *lamina dorsalis* (Baumel et al., 1993) Essa lâmina se alonga até a fenestra anteorbital formando a parede ventral do *foramen nervus olfactorii*. (Figura 11). Nessa parede surge o *foramen orbitonasale mediale* (Figura 12). Os *mesethmoidale* também contribui na formação na parede caudal às órbitas, fusionando-se a os *laterosphenoidale* no pinguim adulto. No dorso do *foramen opticum* parte uma fina haste que o divide e se funde ao *rostrum parasphenoidale* caudalmente (Figura 12). Os *mesethmoidale* funde-se ao longo do *rostrum parasphenoidale* e também a os *ectethmoidale* (TRICHE, 2003). A placa (septo) interorbital é fenestrada, apresentando um forame inter-orbital (Figura 10, 11 e 12).

Os parasphenoidale e os *basisphenoidale*: compõe a *lamina parasphenoidale* na base do crânio, de onde parte o *rostrum parasphenoidale* (Figura 11 e 14), uma fina e longa projeção a qual se articulam as laterais craniais dos palatinos e as extremidades craniais dos pterigóides. O rostro paraesfenóide se funde dorsalmente ao mesetmóide ao longo da formação do septo inter-orbital. Nos espécimes adultos não é possível separar os *basisphenoidale* de os *basioccipitale* (TRICHE, 2003). A margem da *lamina parasphenoidale* cresce sobre o sulco Eustaquiano, formando a *tuba auditiva*. As tubas são bilaterais e iniciam no *rostrum parasphenoidale*, partindo da *tuba auditiva comunis* e se estendendo até o *meatus acusticus externus* (Figura 14),

localizado lateralmente à inserção de *os quadratum* no ventre de *os squamosum* (PYCRAFT, 1898).

Figura 11 – Crânio de *S. magellanicus*, vista lateral: (CNT) *crista nuchalis transversa* (E) *os ectethmoidale*, (FI) *fenestra interorbitalis* (FGN) *fossa glandulae nasalis*, (FNO) *foramen nervus olfactorii*, (FO) *foramen opticum*, (FT) *fossa temporalis*, (LD) *lamina dorsalis* de *os mesethmoidale*, (M) *os mandibulare*, (N) *os naris*, (OF) *os frontale*, (OJ) *os jugale*, (OP) *os parietale*, (OS) *os squamosum*, (PM) *os premaxillare*, (pont) pontuações, (PPO) *processus postorbitalis*, (RP) *rostrum parasphenoidale* (SI) *septum interorbitalis*. *Os lacrimale* e *os quadratum* não articulados ao crânio.



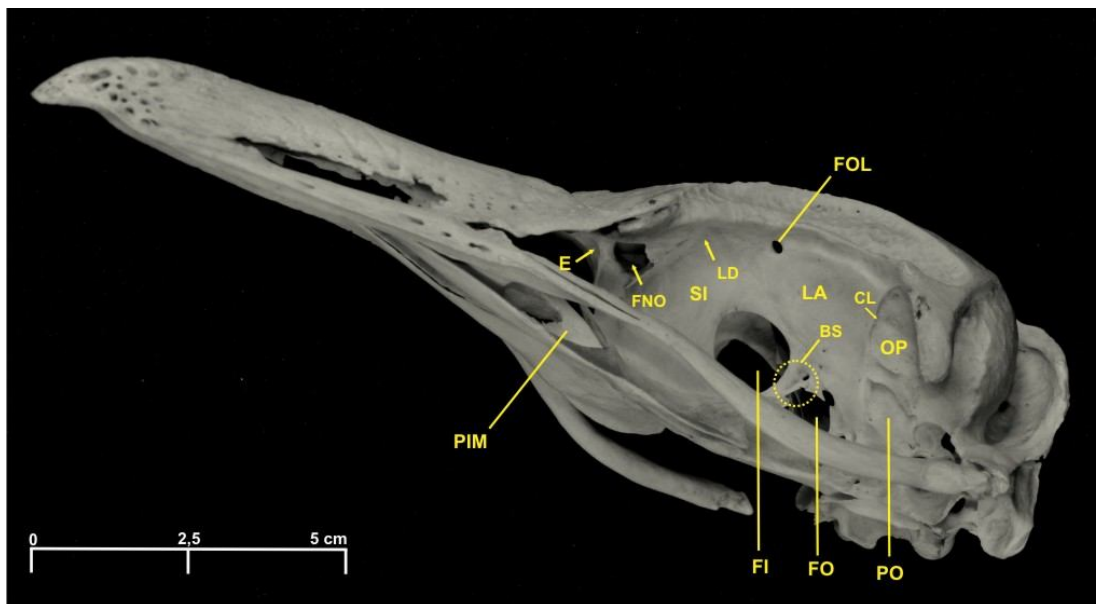
Fonte: Autora (2015)

Os laterosphenoidale (*os orbitosphenoidale*): esse osso forma a parede da caixa craniana localizada caudal às órbitas e caudal ao septo inter-orbital (Figura 11 e 12). É perfurado pelo forame ótico e pelo nervo craniano V (trigêmeo). Está fusionado dorsalmente aos frontais, a *os parietale* antero-lateralmente, *os prooticum* postero-lateralmente e ao basioccipital ventralmente (TRICHE, 2003). Forma uma crista longitudinal no limite com *os parietale* (Figura 12). Apresenta uma textura lisa, contrastando com a textura rugosa do parietal (Figura 15 b), o que não é muito evidente em indivíduos mais jovens.

Os prooticum: localiza-se na parede caudal à órbita e forma uma superfície arredondada lateral ao forame ótico e ventral a *os parietale* (Figura 14). Nela está presente o forame maxilo-mandibular (Figura 14), que pode eventualmente se

apresentar dividido em duas fenestras pela formação de uma barra óssea em Sphenisciformes (TRICHE, 2003).

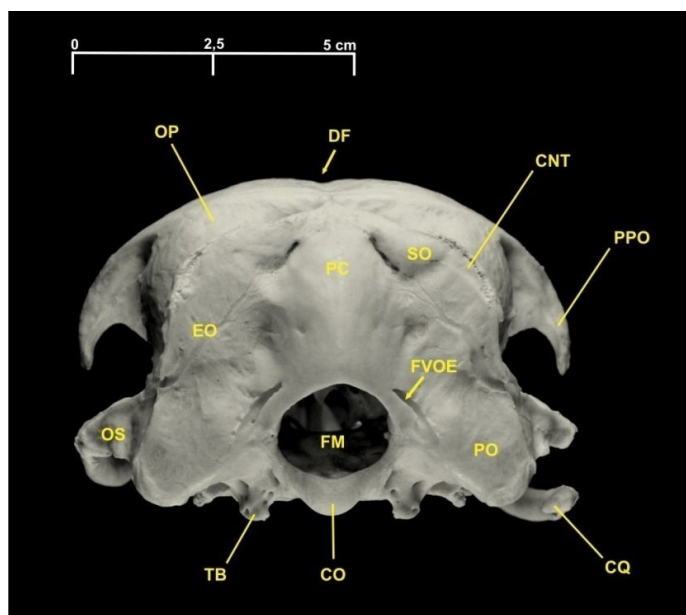
Figura 12 – Crânio de *S. magellanicus*, vista latero-ventral: (BS) barra do septo interorbital, (CL) crista do *laterosphenoidale*, (E) *os ectethmoidale*, (FI) fenestra inter-orbital, (FNO) *foramen nervus olfactorii*, (FO) *foramen opticum*, (FO) *foramen orbitonasale laterale*, (LA) *os laterosphenoidale*, (LD) *lamina dorsalis*, (PIM) *processus intermaxillaris*, (OP) *os parietale*, (PO) *os prooticum*, (SI) *septum interorbitale*.



Fonte: Autora (2015)

Os squamosum: está localizado na parte de latero-ventral do crânio, limitado dorsal e anteriormente por *os parietale* e ventralmente pelo *os basioccipitale* (figura 11 e 13). A porção ventral articula-se a *os quadratum*. Fusiona-se a *crista nuchalis transversa*, ou “asa esquamoso-parietal” (PYCRAFT, 1898), expansões laterais que partem do dorso do supra-occipital e gradualmente em linha vertical se expandem até atingir a base do esquamosal, exibindo uma forma triangular no pinguim-de-magalhães (figura 10, 11 e 13). Essas expansões laterais no indivíduo adulto de *S. magellanicus* cobrem quase ou todo o parietal em vista caudal e forma uma concavidade localizada entre a *crista n. transversa* e *os parietale* – a *fossa temporalis* (Figura 10 e 11). No ventre de *os squamosum* está a cavidade timpânica, lateral a extremidade articular do na qual se insere o osso quadrado (PYCRAFT, 1898).

Figura 13 – Crânio de *S. magellanicus*, vista caudal: (CNT), *crista nuchalis transversa*, (CO) *condylus occipitalis*, (CQ) *condylus quadraticus*, (DF) *depressio frontalis*, (EO) *os exoccipitale*, (FM) *foramen magnum*, (FVOE) *foramen v. occipitale externa*, (OP) *os parietale*, (OS) *os squamosum*, (PC) *proeminentia cerebellaris*, (PO) *proc. paraoccipitale*, (PPO) *processus postorbitalis*, (SO) *os supraoccipitalis*, (TB) *tuberculum basilaris*.



Fonte: Autora (2015)

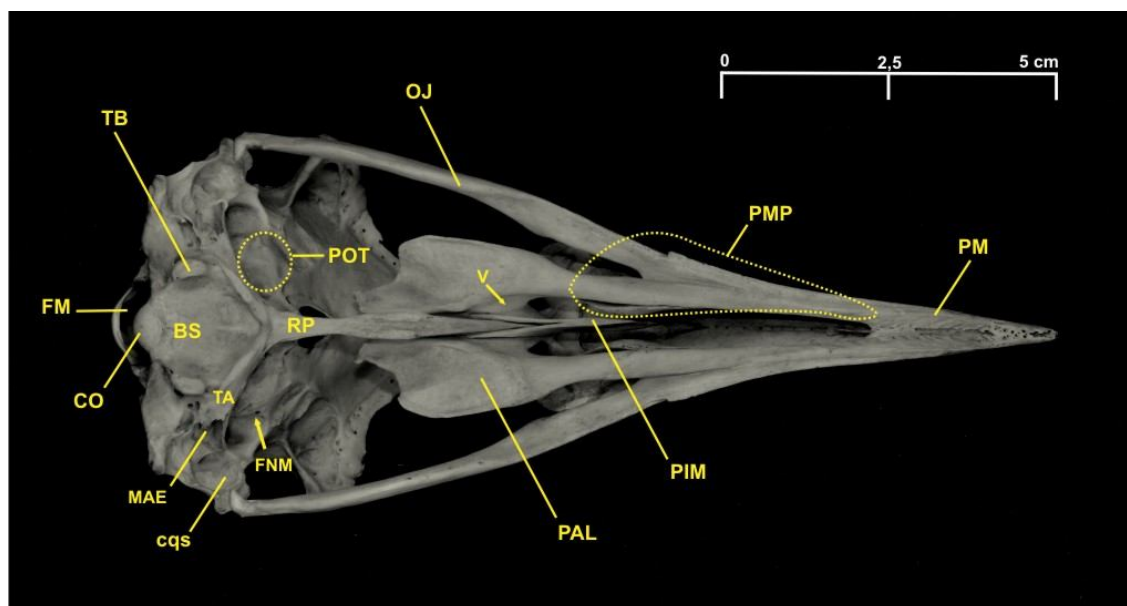
Os supraoccipitale: localizado dorsalmente ao *foramen magnum* (Figura 13), forma a *proeminentia cerebellaris*, sendo esta mais aguda e afilada no gênero *Spheniscus* (Watson, 1883) (Figura 13). Limita-se lateralmente pelos parietais e dorsalmente por *os frontale*. Nessa região de contato com *os frontale* forma a *crista nuchalis sagittalis* pelo crescimento das “asas esquamoso-parietais” e aprofundamento da fossa temporal em *S. magellanicus*. (PYCRAFT, 1898; TRICHE 2003). Possui um par de sulcos longitudinais escavados e posicionados acima do forame magno no qual passam veias, chamados de *foramen v. occipitalis externa* (Figura 13).

Os exoccipitale: situam-se latero-ventralmente aos supra-occipitais e projetam-se ventralmente em direção ao *condylus occipitalis* (côndilo occipital), em que irão formar os *paraoccipitale* (TRICHE, 2003) (Figura 13).

Os basioccipitale: também chamado de placa basitemporal, localiza-se na porção ventral da caixa craniana, entre o *foramen magnum* (dorsal) e o *rostrum*

parasphenoidale (ventral), limitando-se lateralmente por os *squamosum* (Figura 14). Corresponde a uma placa hexagonal escavada e circundada por uma crista, em que, caudal ao côndilo occipital se encontra os *tuberculum basilaris* (tubérculos basais) (Figura 13 e 14), um de cada lado, que servem para a inserção de músculos cervicais (BAUMEL *et al.*, 1993). O côndilo occipital é reniforme e o *foramen magnum* é quase circular e seu dorso é arqueado ventralmente (PYCRAFT, 1898) (Figura 13 e 14).

Figura 14 – Crânio de *S. magellanicus*, vista ventral: (BS) os *basisphenoidale*/os *basioccipitale*/lamina *parasphenoidale*, (CO) *condylus occipitalis*, (cqs) *cotyla quadratica squamosi*, (FM) *foramen magnum*, (FNM) *foramen n. maxillomandibularis*, (MAE) *meatus acusticus externus*, (OJ) os *jugale*, (PAL) os *palatinum*, (PIM) *processus intermaxillaris*, (PM) os *premaxillare*, (PMP) *processus maxillopalatinus*, (POT) os *prooticum*, (RP) *rostrum parasphenoidale*, (TA) *tuba auditiva*, (TB) *tuberculum basilaris*, (V) os *vomeris*.



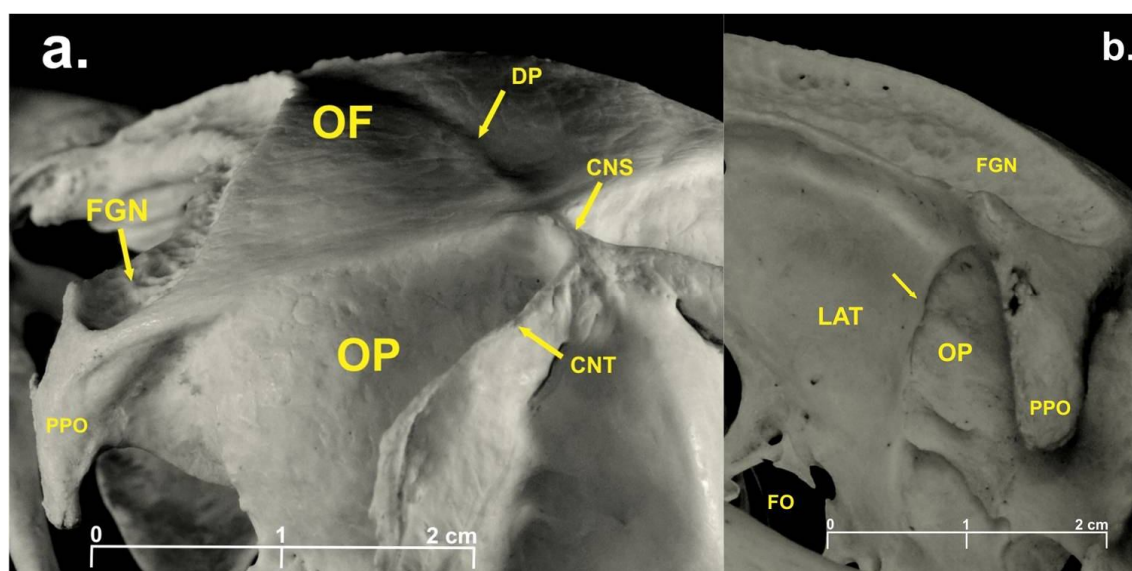
Fonte: Autora (2015)

Ossa faciei

Os premaxillare: a porção distal da pré-maxila em *S. magellanicus* possui a extremidade defletida ventralmente, como um gancho, e é pontuada por diminutos forâmenes (Figura 11). Em direção à caixa craniana, partem da extremidade da pré-maxila duas placas ósseas que podem estar septadas entre si que se estendem longitudinalmente em direção ao osso nasal, dorsalmente a os *naris*, chamadas de processo nasal da pré-maxila (Figura 10). Essas duas placas longitudinais se fusionam

entre si e a *os nasale* nos indivíduos adultos, podendo exibir cicatrizes de fusão ou porções não fusionadas na sua região de inserção sob *os nasale*, na *zona flexoria craniofacialis* (Figura 10).

Figura 15 – Detalhes do crânio de *S. magellanicus*: (a.) vista latero-caudal, evidenciando a textura marcada por ranhuras em *os parietale* (OF) e rugosa em *os parietale* (OP), além da *fossa glandularis nasale* (FGN) profunda e pontoada e da *depressio frontalis* (DP) bastante escavada; (b.) vista latero-ventral, evidenciando a textura lisa de *os laterosphenoidale* (LAT) e rugosa de *os parietale* (OP), separas por uma crista (indicada pela seta). Demais legendas: (CNS) *crista nuchalis sagittalis*, (CNT) *crista nuchalis transversa*, (FO), *foramen opticum* e (PPO), *processus postorbitalis*.



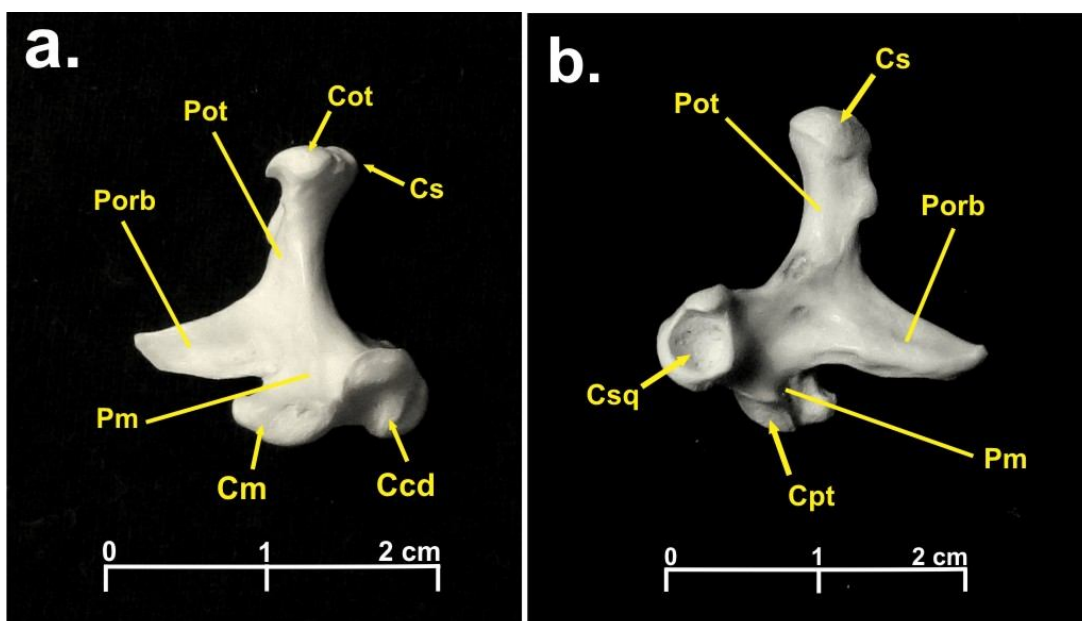
Fonte: Autora (2015)

Os maxillare: a região maxilar é formada rostralmente pela fusão da extremidade da pré-maxila a *os maxillopalatinus*, postero-ventralmente a *os jugalis* (Figura 14) e postero-dorsalmente a *os nasale* (Figura 11). Em alguns espécimes pode ser encontrado, na região interna da maxila, articulado ao rostro do paraesfenóide, o processo intermaxilar (Figura 12 e 14). Este processo apresenta formato elíptico, comprimido latero-medialmente e fenestrado na região central. A margem da fenestra é entalhada e segue o formato elipsóide. A região de articulação deste processo com o *rostrum parasphenoidale* é bifurcada, para que o *rostrum parasphenoidale* se encaixe entre essas duas bifurcações, que possuem o mesmo

formato geral da estrutura, como se a mesma tivesse sido fatiada ao meio nessa região.

Os naris: ocupam quase toda a extensão de *os maxillare* e terminam antes da extremidade da *fenestra anterorbitalis* (WATSON, 1883; PYCRAFT 1898; TRICHE, 2003) (Figura 11). É curta em *Spheniscus* em comparação aos outros gêneros de Sphenisciformes (COUES, 1872).

Figura 16 – *Os quadratum* direito de *S. magellanicus*: a. vista interna, (Ccd) *condylus caudalis*, (Cm) *condylus medialis*, (Cot) *capitulum opticum*, (Cs) *capitulum squamosum*, (Pm) *processus mandibularis*, (Porb) *processus orbitalis* e (Pot) *processus opticum*; b. vista externa, (Cpt) *condylus pterigoideus* (Csq) *cotylo quadratojugalis*.



Fonte: Autora (2015)

Os jugale: o par de barras jugais fusiona-se à extremidade cranial do processo maxilo-palatino, posicionando-se paralelamente ao par de palatinos (Figura 11). A extremidade rostral de *os jugale* é livre, pois a articulação com o *processus maxillopalatinus* ocorre na superfície ventral do arco jugal (Figura 14). A partir deste ponto, em direção a *os quadratum*, a barra jugal assume um formato tubular, alongando-se como uma haste até articular-se com *os quadratum* posteriormente (Figura 11). Os pinguins do gênero *Spheniscus* possuem *os jugale* curvado desde a região de fusão com o maxilo-palatino em direção ao osso quadrado (COUES, 1872).

A superfície lateral da extremidade que se articula a os *quadratum* apresenta um côndilo afilado e apontado medialmente ao crânio, o *condylus quadraticus* (Figura 13), que se encaixa ao par de os *quadratum*.

Fenestra anterorbitalis: em vista lateral do crânio exibe um formato triangular (Figura 11). Corresponde ao espaço vazio entre a junção da extremidade anterior de os *nasale* com o *processus maxillopalatinus* e os *lacrimale/septum interorbitalis*.

Os *palatinum*: a extremidade rostral do osso palatino se funde caudolateralmente ao osso maxilo-palatino (Figura 14). A região rostral do palatino é uma placa estreita em forma de haste que se alonga caudalmente até passar da extremidade caudal de os *maxillopalatinus*, para então se alargar abruptamente, onde se funde com o vômer medialmente (Figura 14). O vômer possui formato laminar, é duplo e cada metade se articula com a margem rostral do *rostrum parasphenoidale* (PYCRAFT, 1898), e cada porção projeta uma ponta óssea curvada dorsalmente na extremidade rostral. A extremidade caudal de os *palatinum* se estreita abruptamente formando uma projeção que irá se articular a os *pterygoideum*, e também se articula com o *rostrum parasphenoidale*.

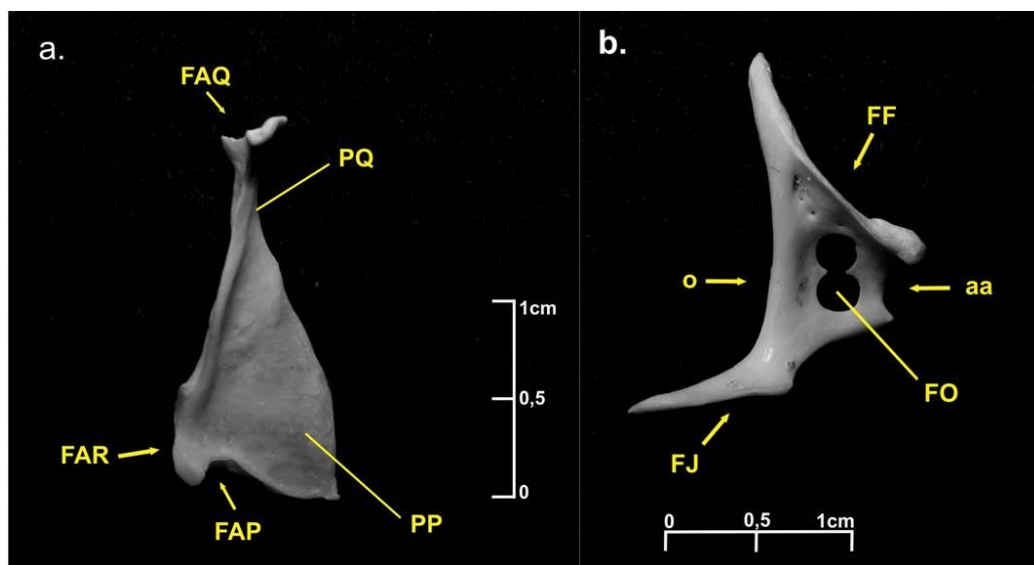
Os *pterygoideum*: o par de pterigóides está localizado posterior ao par de palatinos e anterior ao osso quadrado. A extremidade anterior também se articula lateralmente com o *rostrum parasphenoidale* (TRICHE, 2003). Nunca se fundem a os *palatinum* ou a os *quadratum* em *S. magellanicus*. Os *pterygoideum* constituem-se de uma placa achatada, triangular, semelhante a um triângulo isósceles segundo Shufeldt (1901), e que não é fenestrada em *S. magellanicus* (Figura 17).

Os *quadratum*: o par de os *quadratum* é robusto e articula-se a os *squamosum* através do *processus oticum*, formado por dois capítulos, o *capitulum oticum* e o *capitulum squamosum*. O *processus mandibularis* situa-se ventralmente ao *processus oticum* e possui a *cotyla quadratojugalis*, local em que o *condylus quadraticus* (os *jugalis*) se insere e se articula. O *processus orbitalis* é alongado e pontiagudo, se situa entre os dois processos (ótico e mandibular), apontando em direção à órbita e

exibindo essa extremidade arqueada. O quadrado se insere na *cotyla quadratica squamosi* (Figura 14).

Cavum tympanica: a cavidade timpânica apresenta uma série de recessos. Abre-se através do *meatus acusticus externus* (Figura 14), formada pelo paraesfenóide, processo paroccipital e a crista timpânica do osso quadrado (BAUMEL *et al.*, 1993). A *tuba auditiva* abre sua extremidade caudal no *recessus tympanicus rostralis*. Mais internamente ainda está o *recessus columellae*, onde estão presentes três orifícios – *fenestra vestibuli*, *fenestra cochlea* e *foramen pneumaticum caudale*.

Figura 17 – Pterigóide e lacrimal de *S. magellanicus*: a. pterigóide direito em vista ventral, sendo (FAP) a *facies articularis palatina*, (FAQ) *facies articularis quadratica*, (FAR) *facies articularis parasphenoidale*, (PP) *pes pterigoydei* e (PQ) *processus quadraticus*; b. lacrimal direito em vista lateral, sendo (aa) face anterorbital, (o) face orbital, (FF) *facies articularis frontonasalis* (FJ) *facies articularis quadratojugal* e (FO) forame lacrimal.



Fonte: Autora (2015)

Ossa mandibulae

A mandíbula de *S. magellanicus* (Figura 18) é alongada e robusta, curvada na região da sutura entre *os dentale* e *os angulare* (Watson, 1883). A extremidade rostral do dentário é pontuada por forâmenes à maneira da extremidade rostral da pré-maxila. Na região de *os angulare*, externamente é encontrada a fenestra caudo-

mandibular, de tamanho variável em *S. magellanicus*. Medialmente na região dos *angulare*, é possível observar a *fossa aditus canalis mandibulae* (Figura 54). No lado lingual da mandíbula os *spleniale* se fundem a os *dentale* e a os *angulare*, repousando sobre parte de os *angulare*. Na extremidade cranial da mandíbula localizam-se os *articulare*, face que se articula a os *quadratum*, fusionando-se de forma indistinguível a os *prearticulare* (TRICHE, 2003). O processo retro-articular (Figura 18) é longo e arqueado em direção medial da mandíbula, e o processo medial é projetado e agudo em *Spheniscus* (BERTELLI & GIANNINI, 2005). A margem cranial interna do *processus medialis mandibulae* se apresenta como um pequeno gancho e o corpo se alonga formando um semi-círculo (*processus retroarticularis*) em relação com a extremidade caudal. A *cotyla medialis*, rostral ao *processus medialis* também é fortemente escavada. Caudal a os *dentale*, a mandíbula é formada por os *prearticulare*, os *coronoideum*, os *supra-angulare*, os *angulare*, os *spleniale*, e todas essas estruturas são altamente fusionadas, por isso as divisas de alguns de seus componentes são indistintas;

Figura 18 – Mandíbula de *S. magellanicus*: a. vista lateral esquerda, (D) os *dentale* (A) os *angulare* (Ar) os *articulare* e (FCM) *fenestra caudalis mandibularis*; b. detalhe de os *articulare* esquerdo, vista ventral, (CM) *cotyla medialis* (PM) *processus medialis* e (PR) *processus retroarticularis*.



Fonte: Autora (2015)

3.2.1.2 Coluna vertebral e costelas

Os Sphenisciformes não apresentam *notarium*, estrutura composta de vértebras torácicas anquilosadas presente em outras ordens de Aves (Triche, 2003). Em relação ao tipo, as vértebras em Aves costumam ser do tipo heterocélica (ou em forma de sela), entretanto, em algumas ordens podem ser encontradas vértebras opistocélicas (face articular caudal côncava) entre a série heterocélica (HILDEBRAND & GOSLOW, 2001; WATSON, 1883; PYCRAFT, 1898). Esse é o caso das vértebras torácicas e caudais em Sphenisciformes (WATSON, 1883; PYCRAFT, 1898). As torácicas opistocélicas comportam-se similares às vértebras encontradas nos “répteis” (= Archosauria) (GERVAIS & ALIX, 1877). As vértebras em *S. magellanicus* se apresentam da seguinte maneira:

Vértebras cervicais - vertebrae cervicales

Atlas (1ª cervical): é o primeiro elemento e se articula diretamente ao côndilo occipital (figuras 20, 21, 22 e 23). A *fossa condyloidea* (estrutura que se articula ao côndilo occipital por sua porção cranial) é escavada. O *arcus atlantis* (porção dorsal do forame vertebral) é levemente curvo (Figura 23), apresentando duas projeções longas em aspecto caudal (Figura 3), chamado de *processus articularis caudalis*. A porção ventral do *corpus atlantis* (corpo vertebral) em aspecto caudal possui a *facies articularis axialis* que acompanha a largura do restante do corpo vertebral. Caudal a essa face há uma aba semi-circular que se projeta caudalmente, com um processo ventral curto (BERTELLI & GIANNINI, 2005). O diâmetro e forma do *foramen vertebrale* permanecerá praticamente o mesmo ao longo de todas as cervicais.

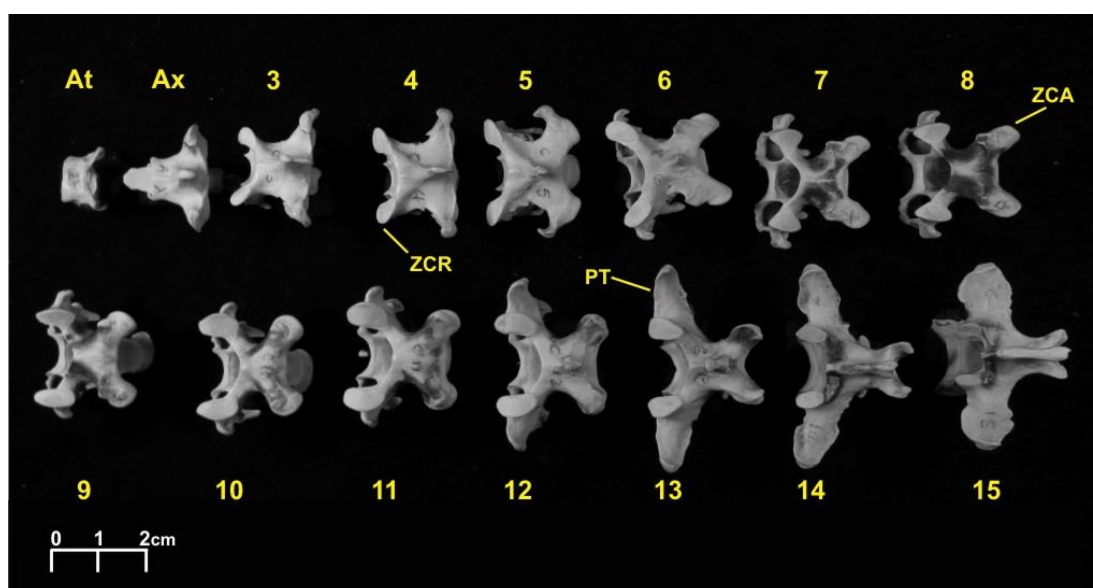
Axis (2ª cervical): é robusto, apresenta o processo dorsal (*processus dorsalis axis*) (Figura 23) longo e estreito, posicionado mais caudalmente ao dorso da vértebra. A *hypapophysis* (projeção ventral do corpo da vértebra) é posicionada caudalmente e projetada para a direção caudal, além de comprimida lateralmente. Possui a face articular cranial em forma de sela mais alongada, ao contrário de todas as demais cervicais (Figura 23).

Cervicais 3-6: a terceira vértebra lembra o formato geral do *axis*. O *foramen transversarium* localizado latero-caudalmente em ambos os lados das cervicais (Figura 23) inicia na terceira vértebra e aumenta gradativamente de diâmetro até a 5ª cervical. A partir da 4ª cervical o formato *corpus vertebrae* torna-se mais comprimido dorso-ventralmente, tornando as cervicais mais largas do que altas (Figura 19). O *processus spinosus* diminui gradativamente de tamanho da 4ª cervical até a 6ª, sendo que na última é apenas uma projeção pequena e afilada (Figura 22). As *zygapophysis cranialis* e *caudalis* (faces que articulam as vértebras entre si) são amplas e achatadas, também aumentando de largura gradativamente, sendo que a pós-zigapósise torna-se gradualmente mais projetada caudalmente a partir da 5ª cervical (mantendo esse padrão até a 10ª) (Figura 19). As vértebras 3-5 possuem projeções na extremidade da zigapófise cranial que apontam latero-rostralmente na 3ª e na 4ª, e caudalmente na 5ª cervical (Figura 19). A 6ª não possui tais projeções. A cervical de número 3 possui um processo ventral de aspecto semelhante àquele visto no *atlas*, porém de tamanho menor, que diminui mais ainda na 4ª, até desaparecer a partir da 5ª. No dorso de cada *foramen transversarium*, a partir da 3ª vértebra cervical, parte uma projeção que se alonga e torna-se robusta gradativamente, chamada de *processus costalis* (Figura 21 e 22). Segundo Baumel *et al.* (1993) o *processus costalis* é uma costela rudimentar anquilosada ao corpo da vértebra. A extremidade livre do *processus costalis* encontrado nas vértebras 3-6 são afilados. O *processus caroticus* (Figura 20), bem como o *sulcus caroticus* (Figura 22), ambos localizados na face articular cranial do dorso da vértebra cervical, são pequenos e não chegam a formar canais. Por fim, a *facies articularis caudalis* de cada vértebra aumenta gradativamente de tamanho, principalmente em largura, tornando-se robusta, e a *fovea cranioventralis* (Figura 20), depressão que acomoda a aba ventral da face articular caudal da vértebra posterior, acompanha esse aumento.

Cervicais 7-9: essas três vértebras não apresentam processos dorsais ou ventrais. O dorso é achatado e mantém o formato e largura similar às cervicais anteriores, alargando-se de maneira gradual. Na porção ventral, os processos costais tornam-se

mais largos e comprimidos dorso-ventralmente da 7ª a 9ª cervical, mas diminuem de comprimento gradativamente em relação à 6ª cervical. O *sulcus caroticus* e o *processus caroticus* localizados na face articular cranial no dorso das três vértebras aumentam gradativamente em profundidade e altura, respectivamente, formando canais (Figura 20). Na 9ª vértebra cervical o *processus caroticus* tem a maior altura, extremamente projetado rostralmente e formando um estreito canal. A face articular caudal e a *fovea cranioventralis* comportam-se da mesma maneira que nas vértebras cervicais 3-6, exibindo também formato e tamanho similar. Como na 5ª cervical, ambos os *foramen transversarium* e *foramen vertebrale* dessas três vértebras possuem igual diâmetro.

Figura 19 – Vértebras cervicais de *S. magellanicus*, vista dorsal: (At) atlas, (Ax) axis, (PT) *processus transversus*, (ZCA) *zygapophysis caudalis* e (ZCR) *zygapophysis cranialis*.

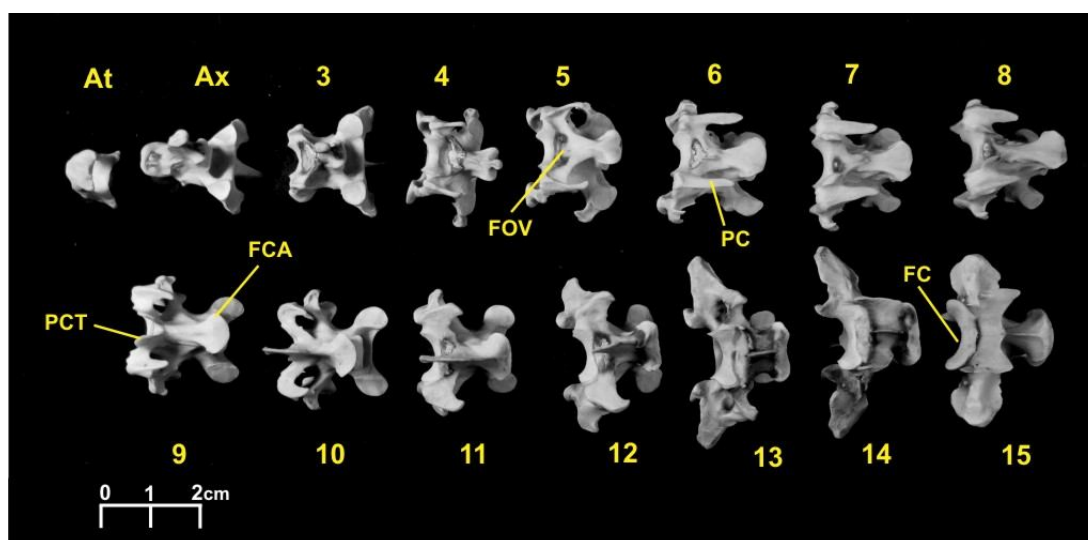


Fonte: Autora (2015)

Cervicais 10-12: em relação à porção dorsal dessas três vértebras pode-se dizer que possuem formato similar às anteriores, no entanto, as pré-zigapófises se tornam gradativamente mais curtas e arredondadas, além de apresentar o surgimento de uma leve projeção na margem dessas zigapófises. No dorso da 12ª cervical, na porção central, surge uma pequena projeção, ela dá início ao *processus spinosus* (projeção dorsal) que irá se tornar cada vez mais evidente nas vértebras

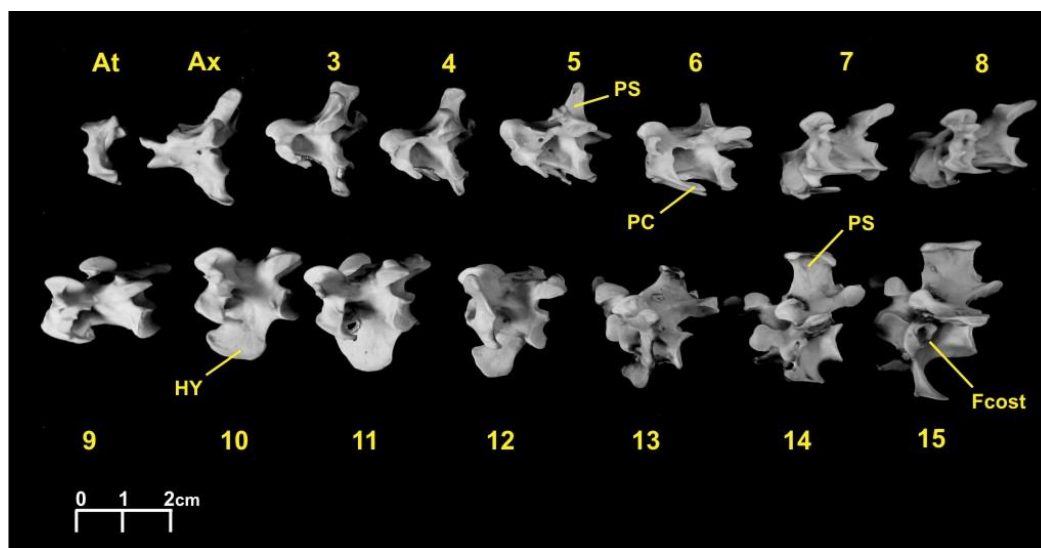
cervicais posteriores. Ventral às pré-zigapófises, na 10^a vértebra surge uma pequena projeção voltada lateralmente ao corpo vertebral, que nas próximas duas vértebras, gradativamente aumenta de comprimento. Essa projeção dará origem ao processo transversal exibido claramente a partir da 13^a cervical. No ventre das três vértebras surge uma *hypapophysis* em forma de placa, comprimida lateralmente, de margem arredondada, que diminui seu comprimento da 10^a para a 12^a, tornando-se mais estreito nesta última (Figura 20). Os processos costais, que servem de superfície de adesão ao tendão *musculus longi colli* (WATSON, 1883), gradualmente encurtam-se, para desaparecerem nas duas últimas cervicais (Figura 21 e 22). O *foramen transversarium* da 12^a cervical torna-se mais comprimido dorso-ventralmente do que nas vértebras anteriores, além de exibir a *ansa costotransversaria* (parede externa desse forame) também mais estreita lateralmente que nas séries anteriores (Figura 22). A face articular cranial continua o seu processo de alargamento, e os processos e sulcos caróticos desaparecem. A 12^a vértebra é visivelmente maior e mais expandida lateralmente que todas as vértebras anteriores, muito pelo surgimento de um processo transversal inicial e achatamento do *foramen transversarium*.

Figura 20 – Vértebras cervicais de *S. magellanicus*, vista ventral: (At) atlas, (Ax) axis, (FC) *facies articularis cranialis*, (FCA) *facies articularis caudalis*, (FOV) *fovea cranioventralis* (PC) *processus costalis* e (PCT) *processus caroticus*.



Fonte: Autora (2015)

Figura 21 – Vértex cervicais de *S. magellanicus*, vista da lateral esquerda: (At) atlas, (Ax) axis, (FCost) fovea costalis, (HY) hypapophysis, (PC) processus costalis e (PS) processus spinosus.

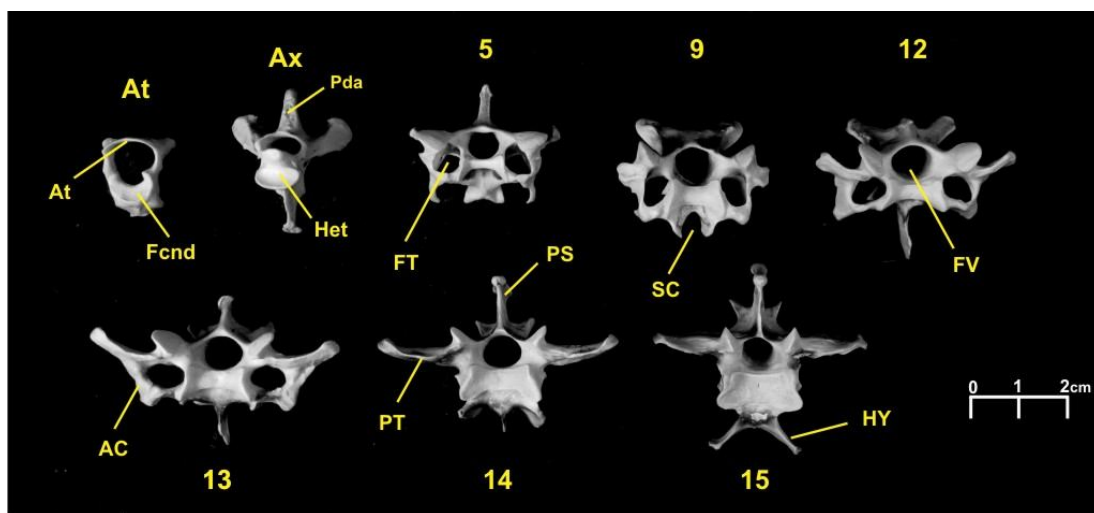


Fonte: Autora (2015)

Cervicais 13-15: a partir da 13ª cervical apresentam-se conspícuos processos transversos. Na 15ª o processo transverso possui uma extremidade arredondada, é mais largo e menos projetado lateralmente que as anteriores, assumindo um formato mais próximo do exibido pelas primeiras vértebras torácicas (Figura 21). A zigapófise cranial da 13ª cervical é ampla, mas diminui gradativamente de tamanho na 14ª e 15ª. A tendência, a partir da 14ª cervical, é que a porção dorsal das vértebras se estreite, ao passo que se tornam mais altas do que largas. O *processus spinosus* na 13ª cervical é mais visível que na 12ª, por ter se elevado e assumido uma forma comprimida lateralmente. A partir da 14ª o *processus spinosus* é o mesmo padrão exibido pelas vértebras torácicas, uma placa alta e larga, comprimida lateralmente, com o dorso achatado e mais largo. A face articular nessas vértebras exibe a mesma largura do corpo. Na porção ventral, a *hypapophysis* central diminui gradualmente, desaparecendo na 15ª cervical. Ao passo que esse processo ventral central diminui, na 14ª cervical duas *hypapophysis* laterais aparecem, aumentando gradualmente de tamanho da 14ª para a 15ª cervical, e nessa última exibem um ângulo aberto, projetando-se lateralmente em forma de placas retangulares. Esse tipo de

hypapophysis ainda será exibido na primeira e na segunda vértebra torácicas. A partir da 14ª cervical o *foramen transversarium* desaparece. A partir desta vértebra aparecem *fovea costalis*, que são as cicatrizes da articulação do *capitulum* ("cabeça") das costelas às vértebras (Figura 21).

Figura 22 – Vértebras cervicais de *S. magellanicus*, vista cranial: (AC) *ansa costotransversaria*, (At) *atlas*, (Ax) *axis*, (Fcnd) *fossa condyloidea*, (FT) *foramen transversarium*, (FV) *foramen vertebrale*, (Het) *face articular heterocélica*, (HY) *hypapophysis*, (Pda) *processus dorsalis axis*, (PS) *processus spinosus*, (PT) *processus transversus* (SC) *sulcus caroticus*.



Fonte: Autora (2015).

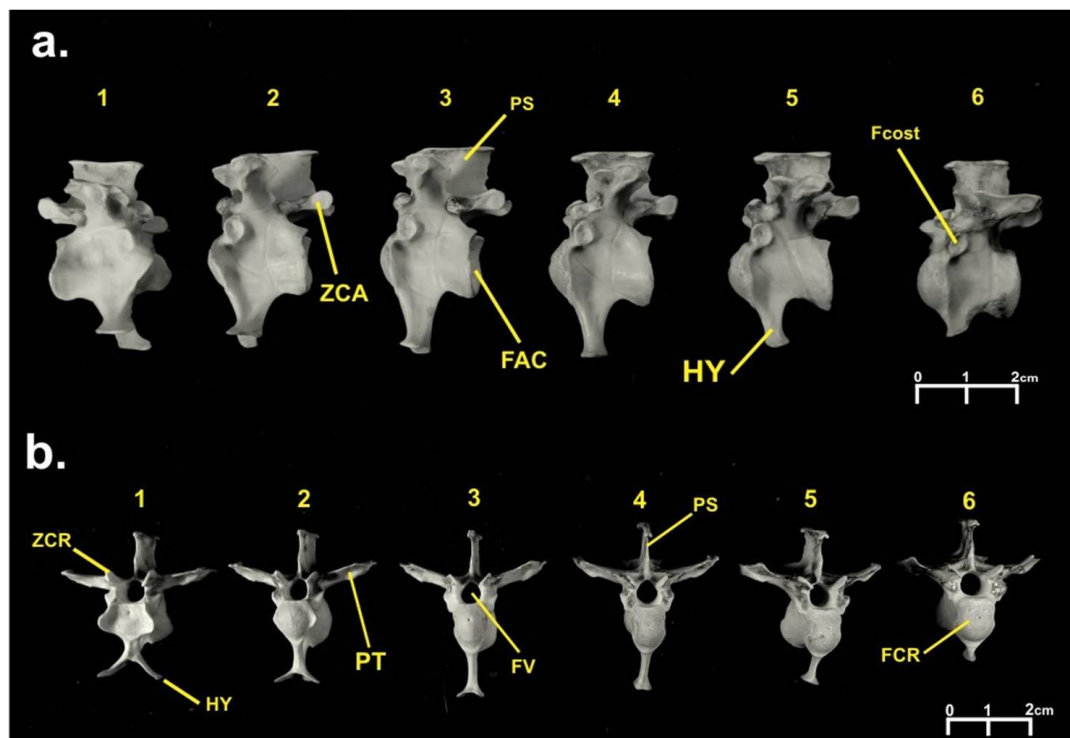
Vértebras torácicas - vertebrae thoracicae

Torácicas 1-3: nas três primeiras torácicas o *processus spinosus* é idêntico ao da 15ª cervical, assim como o *processus transversus*. Já a *hypapophysis* se modifica gradualmente, sendo que na primeira é muito similar a 15ª cervical, mas na 2ª torácica esse processo exibe um encurtamento das projeções laterais, enquanto há um alongamento do eixo central (Figura 23 a). Na 3ª torácica, as projeções laterais praticamente desaparecem, exibindo um eixo central longo, estreito e comprimido lateralmente. Na primeira torácica, a face articular cranial ainda exibe o padrão heterocélico das cervicais (Figura 23 b). A segunda e terceira torácicas são tipicamente opistocélicas, além de serem mais comprimidas lateralmente, exibindo-se mais altas do que largas em relação à primeira torácica e demais cervicais. Em todas

elas as zigapófises craniais e caudais são de igual tamanho, curtas, arredondadas e com um pequeno espaço entre as projeções articulares da zigapófise. O forame vertebral diminui de tamanho em relação às vértebras cervicais, mas permanece o mesmo ao longo das torácicas.

Torácicas 4-6: Em relação ao dorso dessas três vértebras, observa-se que as duas primeiras possuem tanto o *processus transversus* como o *processus spinosus* de igual forma e tamanho. Na 6ª torácica o processo transversal se estreita bastante e a margem lateral fica mais pontiaguda e mais próxima daquela do processo transversal da vértebra anterior. As pós-zigapófises das torácicas cinco e seis são mais robustas. A face articular caudal torna-se gradualmente mais côncava, assim como a face articular cranial se torna mais convexa (Figura 23). O processo ventral da quarta torácica possui um eixo central alongado que termina com uma base achatada no lugar das projeções. Esse processo encurta-se na quinta e sexta torácica.

Figura 23 – Vértebras torácicas de *S. magellanicus*, vista lateral: (FAC) *facies articularis caudalis*, (Fcost) *fovea costalis*, (HY) *hypapophysis*, (PS) *processus spinosus* e (ZCA) *zygapophysis caudalis*; b. vista rostral: (FCR) *facies articularis cranialis*, (FV) *foramen vertebrale*, (PT) *processus transversus* e (ZCR) *zygapophysis cranialis*.



Fonte: Autora (2015)

Vértebras do sinsacro - vertebrae synsacrales

Torácica: a sétima vértebra torácica pode estar em um estado fusionado (Figura 6 e 25) ou livre do sinsacro. Quando livre, esta vértebra é praticamente idêntica a sexta torácica, com exceção de não apresentar nenhum processo ventral. Entretanto, a *fovea costalis* (Figura 24) de cada lado da vértebra é menor e os processos transversos são mais estreitos e curtos. A face articular cranial é mais convexa do que todas as outras torácicas e a face articular caudal, quando a vértebra não está fusionada, exibe uma superfície de contato reta ao invés de côncava como as demais torácicas. Quando a sétima torácica está fusionada, o *processus spinosus* passa a fazer parte da *crista spinosa synsacri* (Figura 24). Os processos transversos se unem aos da vértebra adjacente, formando a *lamina transversa synsacri* (Figura 24). Essa lâmina se estende até a segunda vértebra torácico-lombar. A última torácica pode apresentar diferentes graus de fusionamento ao sinsacro, exibindo variadas cicatrizes (Figura 24) de fusão ao longo contato entre essas duas estruturas.

Torácico-lombares: essas vértebras estão permanentemente anquilosadas ao sinsacro, e talvez só possam ser encontradas livres nos estágios iniciais de desenvolvimento do esqueleto. As duas primeiras se assemelham a última torácica, entretanto seus processos transversos fusionados são estreitos e gradualmente mais curtos. Quando os processos transversos se unem aos das vértebras adjacentes nas duas primeiras torácico-lombares e na última vértebra torácica formam fenestras circulares de cada lado do sinsacro, chamadas de *fenestrae intertransversaria* (Figura 4). O processo transversal da 3ª torácico-lombar é comprimido lateralmente, inclinando-se dorsalmente (Figura 24). Como é curto e inclinado, fusiona-se quase completamente ao processo transversal da vértebra anterior, deixando apenas uma pequena fenestra no dorso. O corpo dessas duas torácico-lombares ainda é mais alto do que largo como nas torácicas, porém diminuem de altura gradualmente. Na quarta e na quinta torácico-lombar os processos transversos são mais comprimidos e inclinados que na anterior, além de mais largos e se posicionam caudal à linha da *lamina transversa synsacri*, que acaba nesse ponto (Figura 24). O processo transversal

da última torácico-lombar possui um processo costal rudimentar, representado por um pequeno círculo em forma de botão sobre o processo transversal (Figura 6 e 25). O ventre dessas duas vértebras é achatado como nas lombares.

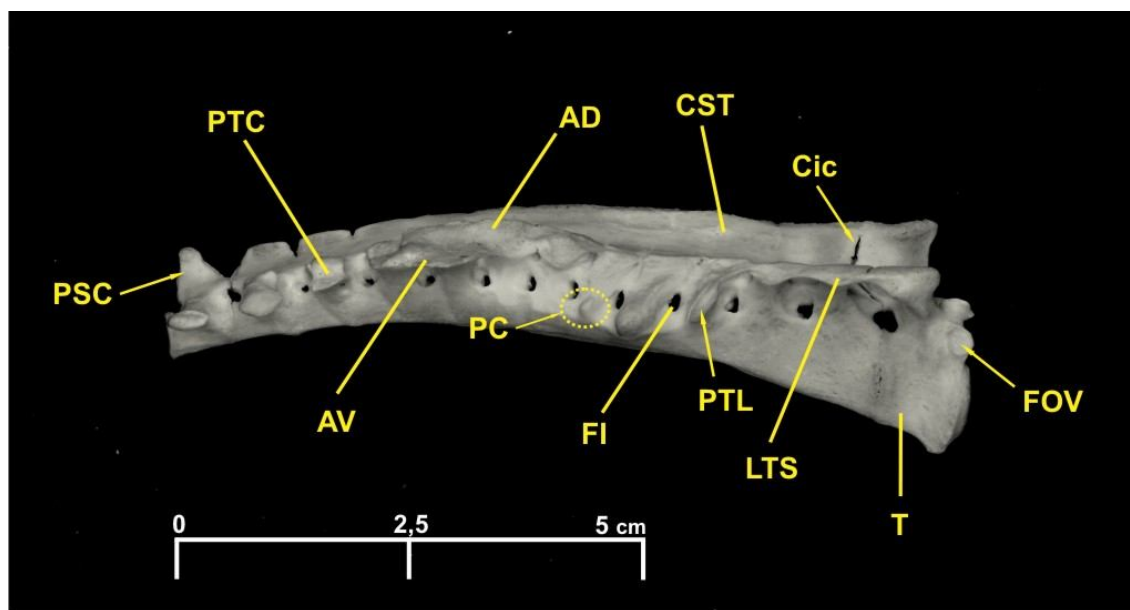
Lombares: as duas vértebras lombares (Figura 4) não possuem processos transversos conspícuos e nem sempre existe uma linha visível de separação entre elas no ventre do sinsacro, no entanto, elas podem ser contadas sempre pelo *foramen intervertebral* (Figura 24), situado lateralmente, que cada vértebra anquilosada forma ao se fundir uma à outra. No dorso das duas vértebras, lateralmente a *crista spinosa*, forma-se uma aba côncava, esta aba se encaixa a *os coxae* (Figura 24) e, posteriormente, se funde por completo. A aba pode ter início na última torácico-lombar, mas é conspícua somente a partir da primeira lombar.

Sacrais: as duas vértebras sacrais (Figura 6) podem ser distintas na massa hexagonal (PYCRAFT, 1898) que se forma na articulação com *os coxae* pelos conspícuos processos costais que se fundem ao *os coxae* na região do *foramen acetabuli* do *foramen ilioschiadicum* (BAUMEL *et al.*, 1993). Esses processos costais são longos e partem da linha ventral do corpo da vértebra (diferente do processo transversal que parte da porção mais dorsal) formando uma segunda aba (Figura 24) caudal àquela referida que se inicia na última torácico-lombar e termina exatamente na extremidade caudal do *processus costalis* (Figura 24) da última sacral.

Caudais 1-3: essa série caudal é também chamada de *vertebrae caudales stabilae* (BAUMEL *et al.*, 1993). Em geral, três caudais se articulam ao sinsacro (Figura 6). Possuem processos transversos bastante longos, tendo a 1ª e 2ª caudais processos com a margem lateral retilínea em função de seu contato direto com a *ala ischii* (ísqurio). A última caudal possui a margem lateral do processo transversal arredondada, mas de igual comprimento e largura dos demais. O *processus spinosus* em alguns casos pode não estar fundido a *crista spinosa synsacri* (Figura 24) como nas caudais anteriores, como também exibir cicatriz de fusão nas pré-zigapófises e ventre da vértebra. A extremidade caudal dessa última vértebra sinsacral não possui pós-zigapófises e a *facies articularis caudalis* é reta. O ventre das

caudais é arredondado e o corpo vertebral é menor que o das vértebras anteriores, o que confere um aspecto mais tubular a porção final do sinsacro.

Figura 24 – Sinsacro de *S. magellanicus*, vista lateral: (AD) aba dorsal articulada ao os *coxae*, (AV) aba ventral formada pelos *processus costalis* das vértebras sacrais, (Cic) sutura entre a última torácica e sinsacro em processo de fusão, (CST) *crista spinosa synsacri* (FI) *foramen intervertebrale*, (FOV) *fovea costalis* (LTS) *lamina transversarium synsacri*, (PC) *processus costalis rudimentar*, (PSC) *processus transversus* da vértebra caudal não fusionado a *crista spinosa synsacri*, (PTC) *processus transversus* (PTL) *processus transversus* da torácico-lombar e (T) vértebra torácica.



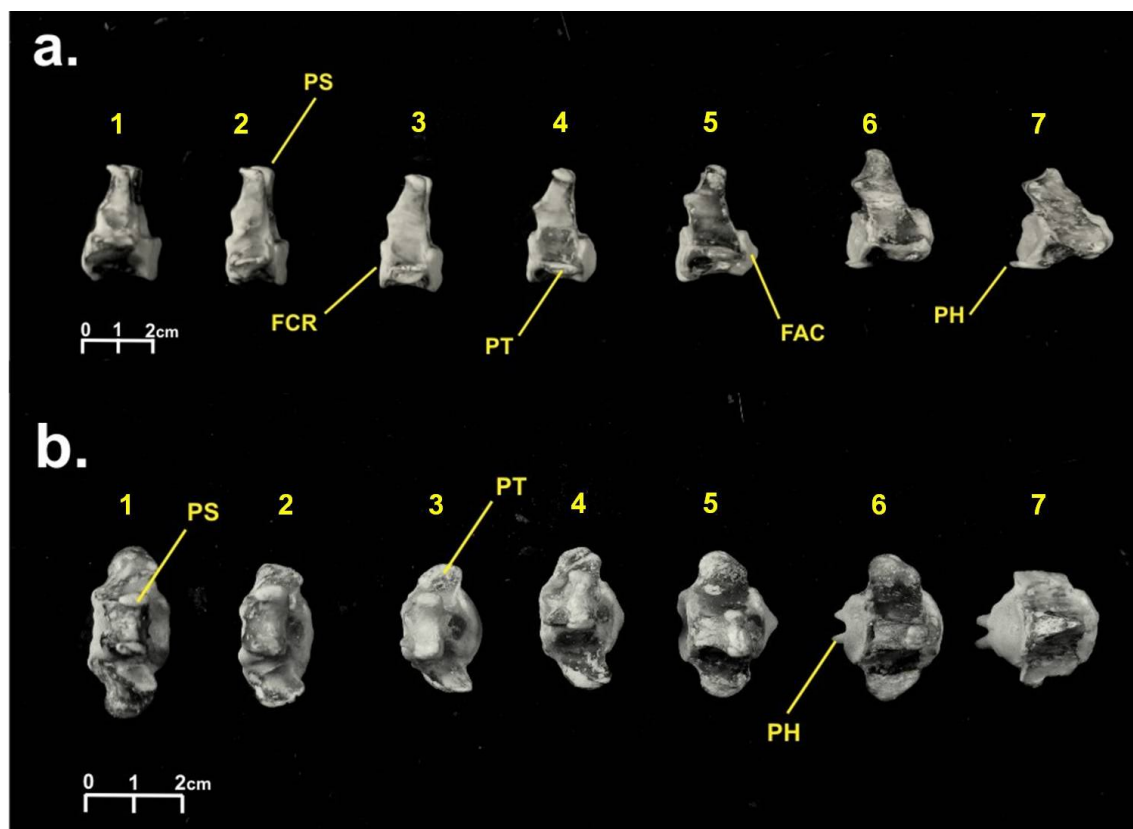
Fonte: Autora (2015)

Vértebras caudais livres - vertebrae caudales liberae

Caudais 4 – 10(11): a quarta caudal também possui ambas as faces articulares retas e os processos transversos com as margens arredondadas, entretanto os processos transversos são menores que o das *caudales stabilae*. Todas as caudais livres possuem o ventre arredondado. As faces articulares são achatadas dorsalmente e retilíneas no centro da quarta caudal livre até a sexta quando, gradualmente, vão se tornando circulares e sub-côncavas (GERVAIS & ALIX, 1877). O *foramen vertebrale* diminui gradualmente de tamanho da quarta até quase desaparecer na décima. Quando a 11ª não está fusionada ao pigóstilo, é possível notar um pequeno ponto que corresponde a esse forame. Em relação ao *processus spinosus*, pode-se observar

uma gradual mudança de forma ao longo das vértebras caudais (Figura 25). Desde a última caudal fusionada ao sinsacro, no caso do *processus spinosus* não estar incorporado à *crista spinosa*, este processo possui uma bifurcação na margem dorsal de seu eixo. Na primeira caudal livre (4ª caudal) há uma bifurcação mais conspícua dividindo o eixo deste processo (Figura 25 b). Na 5ª caudal a bifurcação é mais separada entre suas extremidades, que também estão mais alongadas em relação à vértebra anterior, e no dorso de cada uma das extremidades há uma pequena projeção apontada para a direção cranial à vértebra. Em alguns espécimes essas projeções já podem ser notadas na 4ª caudal. A partir da 6ª vértebra também é possível notar que a margem cranial do dorso do forame vertebral começa a exibir também duas projeções. A tendência é que os *processus spinosus* diminuam a partir desta vértebra até as últimas livres, e os processos que surgem na margem dorsal do forame vertebral se tornem conspícuos, passando a ser o *processus spinosus* das últimas vértebras. A oitava vértebra exibe uma crista longitudinal conspícua na porção ventral que iniciou sua formação na 6ª caudal. Na 9ª caudal essa crista ventral longitudinal, ao atingir a margem cranial da face articular pode se bifurcar levemente, lançando duas diminutas projeções bilobadas para fora do corpo da vértebra (GERVAIS & ALIX, 1877). Essas projeção bifurcada – *processus haemalis* aumenta de tamanho na 10ª vértebra caudal (Figura 25). Quando a 11ª não está fusionada ao pigóstilo, a bifurcação exibida é bastante alongada. Concordando com Shufeldt (1901), os *processus haemalis* podem aparecer nas duas ou três últimas vértebras caudais. Na 9ª vértebra caudal o *processus spinosus* não é mais bifurcado no ápice, mas ainda é na margem dorsal do forame vertebral. Na 10ª caudal o *processus spinosus* se arqueia cranialmente e os processos transversos praticamente não existem, mas ainda possui uma margem bifurcada conspícua acima do forame vertebral.

Figura 25 – Caudais livres de *S. magellanicus*: a. vista lateral, (FAC) *facies articularis caudalis*, (FCR) *facies articularis cranialis*, (PH) *processus haemalis*, (PS) *processus spinosus* bifurcado, e (PT) *processus transversus*; b. vista dorsal.



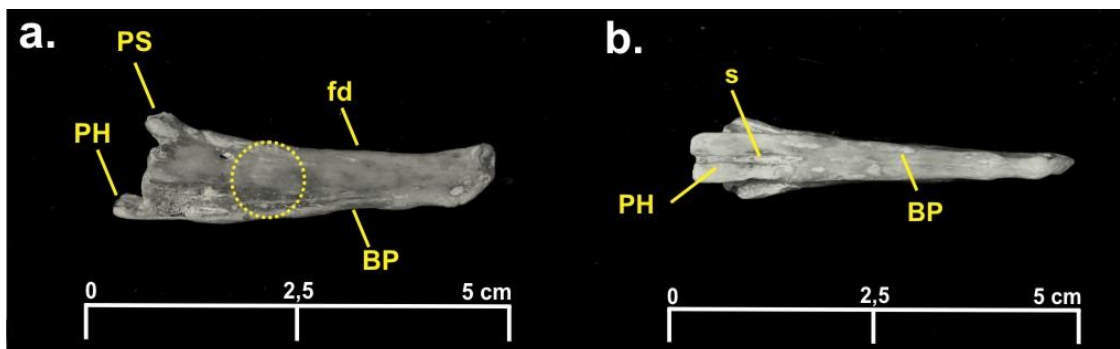
Fonte: Autora (2015)

Pigóstilo - pygostylus

O pigóstilo é formado pela anquilose das últimas vértebras caudais. A extremidade cranial possui a face articular convexa e é mais larga que o restante da peça, que se afila gradualmente até atingir a ponta. O *processus spinosus* está integrado ao restante da peça e o *processus haemalis* está fusionado formando um sulco longitudinal entre as extremidades do processo (Figura 26). A primeira vértebra fusionada pode exibir cicatrizes de fusão na extremidade caudal em alguns espécimes. A base do pigóstilo (*basis pygostyli*) é larga e achatada, enquanto a face dorsal é fina, comprimida lateralmente em função dos *processus spinosus* fusionados. A extensão lateral do pigóstilo apresenta pontos mais alargados, que correspondem

ao corpo das vértebras anquilosadas (Figura 26). Em alguns espécimes os processos hemais continuam também visíveis na porção inferior lateral do pigóstilo, auxiliando na contagem das vértebras.

Figura 26 – Pigóstilo de *S. magellanicus*: a. vista lateral direita, o círculo pontilhado evidencia o corpo das vértebras, (BP) *basis pygostili*, (fd) face dorsal, (PH) *processus haemalis*, (PS) *processus spinosus*; b. vista ventral, (s) sulco dos processos hemais.



Fonte: Autora (2015)

Sinsacro - synsacrum

O sinsacro já foi praticamente descrito nas seções anteriores, restando pouco a ser acrescentado. A *crista spinosa* diminui gradualmente de altura da porção cranial à caudal e a porção ventral do sinsacro, correspondente aos corpos vertebrais, varia do mesmo modo (Figura 24). Tanto a porção proximal quanto caudal é levemente arqueada dorsalmente. Do ventre das lombares até aproximadamente a última sacral o sinsacro exibe um sulco (*sulcus ventralis sinsacri*) (Figura 6). No dorso do sinsacro aparecem pequenos orifícios - *foramina intratransversaria* (Figura 38 c), que correspondem aos espaços entre os processos transversos encurtados que se anquilosaram. Por fim, o forame vertebral diminui gradualmente de diâmetro da extremidade cranial do sinsacro até a extremidade caudal.

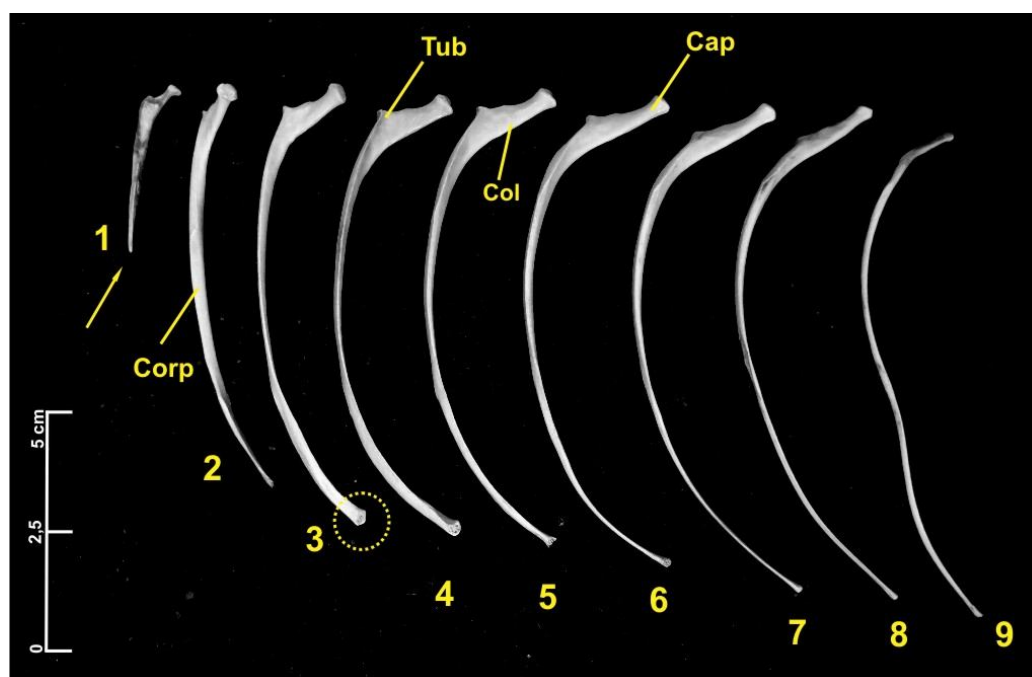
Costelas - costae

Costelas vertebrais (costa vertebralis): a série vertebral inicia com as costelas livres (*costae incompletae*). A primeira, em geral, é pequena, mas já exibe o formato de uma costela vertebral (Figura 27). O *tuberculum costae*, a porção que se articula

com os processos transversos das torácicas, é reduzido, o *capitulum costae* (extremidade distal que se articula com a *fovea costalis* na vértebra torácica) é um pequeno botão, mais largo que o *collum costae* (região entre o *capitulum* e o *tuberculum*, conhecida como “pescoço”) mais afilado (Figura 27). O corpo (*corpus costae*) dessa primeira costela é reduzido e afilado, com a extremidade caudal lembrando uma agulha. A segunda costela já possui o *capitulum* e o *tuberculum costae* bem aumentados, o pescoço já se alargou bastante em relação à costela anterior, e a o *collum costae* tende se alongar cada vez mais. O corpo desta segunda costela já é semelhante ao *corpus* das demais, exibindo-se comprimido dorso-ventralmente a partir da margem ventral do *tuberculum costae*. A extremidade ventral da segunda costela vertebral não é afilada como na primeira, mas comprimida dorso-ventralmente como no restante do corpo. A partir da terceira costela a extremidade ventral se torna mais alargada, algumas vezes arredondada ou levemente quadrada, mas sempre diferente do corpo que é fino. Essa extremidade alarga-se em razão de surgir à articulação com as costelas esternais, e pode ser chamada de *facies articularis intercostalis* (Figura 27). Mesmo na última costela vertebral, em que a largura do corpo é reduzida, a *facies articularis intercostalis* ainda assim pode ser diferenciada do restante do *corpus costae*. Nesta última, a face articular é reduzida porque ela se articula com a costela flutuante esternal, também fina. Ao longo das costelas três a oito poucas mudanças ocorrem no corpo das mesmas, este se alonga gradualmente e o *collum costae* e se estreita um pouco à medida que também se alonga. No entanto, a nona costela é geralmente a mais longa de todas elas, o seu corpo é mais estreito e fino dorso-ventralmente. A cabeça dessa costela é quase homogênea em largura comparado ao restante do corpo, apenas ligeiramente mais robusta na região do pescoço e capítulo, com o *tuberculum costae* reduzido a uma ligeira curvatura após o pescoço. Quando na série de costelas vertebrais está presente uma flutuante, esta é reduzida a um pequeno filete, de comprimento variável, destituído de *capitulum* e *tuberculum costae*, pois se situa sempre mais acima da região de

inserção com as vértebras. Em geral, seu comprimento não ultrapassa o limite distal da extremidade da nona costela vertebral.

Figura 27 – Costelas vertebrais de *S. magellanicus*: costelas do lado direito, vista dorsal, o círculo pontilhado identifica a *facies articularis intercostalis* robusta da primeira costela vertebral verdadeira, (Cap) *capitulum costae*, (Col) *collum costae*, (Corp) *corpus costae* (Tub) *tuberculum costae*.



Fonte: Autora (2015)

Processus uncinatus: os processos uncinados são apêndices aderidos ou fusionados às costelas vertebrais, dorso-caudalmente orientados e posicionados na metade (ou um pouco mais caudalmente) do *corpus costae*. Em *S. magellanicus*, geralmente aparecem da segunda a oitava costela vertebral. O primeiro é pequeno, mas aumentam de tamanho até o sétimo, sendo o oitavo processo uncinado menor que o primeiro, quase rudimentares (SHUFELDT, 1901). Em relação à forma, possuem a margem recortada e arredondada, mas o corpo é retangular, com laterais intercostais retilíneas, com exceção do último, que possui o formato geral quadrado. A espessura dos processos é fina como de uma folha na margem caudal e corpo, mas se torna mais espessa na margem rostral, superfície de contato com a costela adjacente. Triche (2003) afirma que os processos uncinados nunca se fusionam as

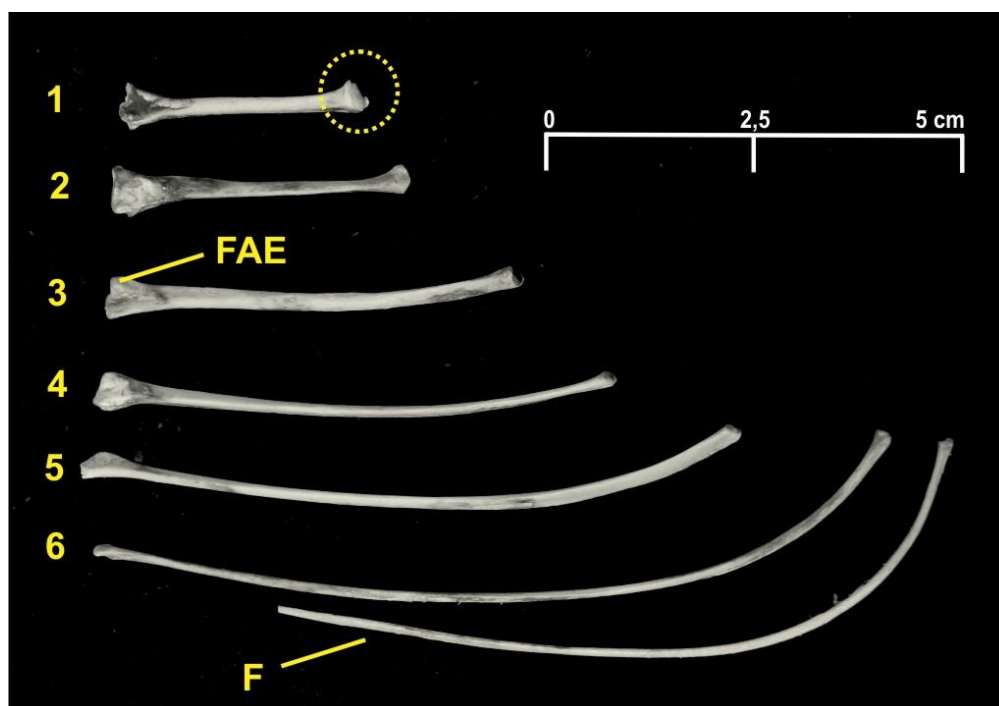
costelas em Sphenisciformes. Em três dos 80 esqueletos tombados analisados neste estudo, o último processo estava fusionado e o penúltimo estava fusionado até a metade de sua face articular à costela em que se insere.

Costelas esternais (costa sternalis): a extremidade que se articula ao esterno (*facies articularis sternalis*) possui a superfície levemente ondulada nas três primeiras costelas, tornando-se mais planas da quarta em diante. A cabeça das esternais possui forma de triângulo invertido (Figura 28). O corpo da primeira esternal é cilíndrico e não curvado e, a partir da terceira, cada costela segue apresentando o corpo mais comprimido dorso-ventralmente do que a anterior, além de aumentar o ângulo de curvatura consideravelmente na sexta esternal e na flutuante verdadeira. Em relação à extremidade caudal (*facies articularis intercostalis*), as três primeiras esternais apresentam extremidades robustas e um pouco mais alargadas que o corpo da costela, o que está de acordo com as extremidades das costelas vertebrais dois a quatro, cujas *facies articularis intercostalis* são similares (Figura 28). A cabeça das costelas esternais tende a diminuir de tamanho gradualmente, sendo diminutas na 5ª e 6ª esternais, acompanhando a gradual diminuição do tamanho de cada *processus articularis sternocostalis* (Figura 29 b), que são processos na margem lateral do esterno aos quais as costelas se articulam. A flutuante verdadeira possui uma face cranial afilada, se posiciona logo após a cabeça da 6ª costela esternal, e segue acompanhando seu formato e curvatura. Assim, a extremidade distal da flutuante verdadeira é mais larga que a cranial, que se articula com a 9ª costela vertebral.

Costelas flutuantes: segundo Baumel *et al.* (1993), são definidas como *costae incompletae spuriae*. Conforme visto no item 2.4.2, podem ser tanto esternais quanto vertebrais, dependendo da posição em que se inserem. Algumas vezes a inserção deste tipo de costela se dá no meio das regiões em que se inserem as costelas esternais e vertebrais, ou seja, uma metade do corpo acima na região esternal e a outra na região vertebral. Nesse caso, não há como classificá-la quanto à posição. Geralmente, são muito finas e curtas, de tamanho similar ou menor ao da primeira esternal, mas em alguns espécimes podem ser mais alongadas. Nesse último caso,

pode ser observado a costela flutuante, geralmente uma esternal, partir da metade do corpo da flutuante esternal verdadeira e atingir o campo das vertebrais, logo após a articulação intercostal, curvando-se nessa região. As flutuantes podem ter seu segmento esternal e vertebral articulados entre si, deixando um espaço livre na região caudal ao esterno/vértebra, mas com a articulação intercostal seguindo a mesma linha das costelas verdadeiras adjacentes. Ou, também, as duas vértebras estarem unidas na articulação intercostal por um ligamento relativamente longo, deixando um hiato entre as duas, mas mantendo-as presas uma à outra.

Figura 28 – Costelas esternais de *S. magellanicus*: lado direito, vista ventral, o círculo pontilhado evidencia a *facies articularis sternalis*, (FAE) *facies articularis sternocostalis* e (F) esternal flutuante verdadeira.



Fonte: Autora (2015)

3.2.2 Esqueleto apendicular

O esqueleto apendicular é composto pelas cinturas pélvica e escapular, pelos membros anteriores e pelos membros posteriores.

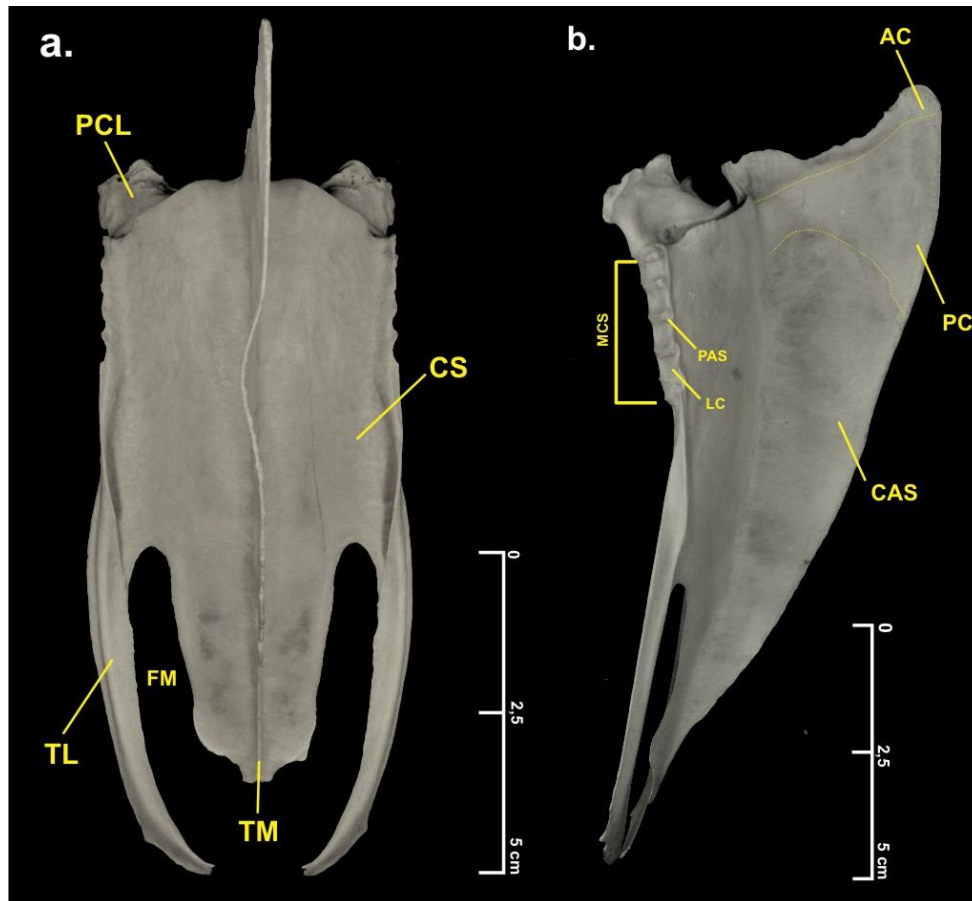
3.2.2.1 Cintura escapular

O esterno e a escápula dos Sphenisciformes são muito distintos dos demais grupos de aves, ambas as estruturas são robustas e alongadas (PYCRAFT, 1898). As características da cintura escapular de *S. magellanicus* são:

Esterno (sternum): é muito alongado se comparado a outros grupos de Aves, composto por uma placa horizontal longa, cobrindo todo o peito e abdômen (*corpus sterni*) (Figura 29 a) na qual uma crista medial a divide. Esta crista é denominada de quilha ou *carina sterni* e é robusta, aumentando sua altura gradualmente da porção caudal a cranial onde o ápice (*apex carinae*) projeta-se externamente ao limite cranial do corpo do esterno (*corpus sterni*) (Figura 29 b). Na porção mais cranial da quilha está presente a *pila carinae*, uma espécie de barra horizontal visivelmente mais espessa em relação ao restante da quilha nos espécimes adultos, servindo como reforço a essa região (Figura 29b). A *pila carinae* parte do corpo do esterno e se alarga na região do *apex carinae* (Figura 29 b). A altura da quilha diminui na direção caudal até encontrar a extremidade da trabécula medial (*trabecula medial*) (Figura 29 a), que possui comprimento variável, assim o comprimento distal da quilha vai acompanhar o comprimento desta trabécula. De ambas as margens latero-caudais do corpo do esterno partem as trabéculas laterais (*trabecula lateralis*) (Figura 29 a). O seu comprimento também é variável conforme o desenvolvimento do esqueleto e no seu máximo de tamanho, as extremidades de cada uma quase se tocam, se curvando dorsalmente à *trabecula medial*, apresentando um formato pontiagudo na borda, por vezes recortado na porção ventral da extremidade caudal. As trabéculas laterais também são reforçadas por uma barra na sua porção medial. Entre as trabéculas laterais e a medial existe a *fenestra medialis* (Figura 29 a), uma de cada lado da trabécula medial. O corpo do esterno é côncavo ventralmente, possui um sulco ventral na região, no mesmo local de inserção da quilha na face dorsal do esterno. A porção cranial do ventre do esterno é enrijecida na região ventral ao ápice da quilha, apresentando uma estrutura espessa em forma de triângulo invertido. Essa estrutura

projeta duas barras na linha de inserção do coracóide responsáveis por enrijecer essa região sujeita a grandes pressões (*pila coracoidea*).

Figura 29 - Esterno de *S. magellanicus*: a. vista frontal, (CS) *corpus sterni*, (FM) *fenestra medialis*, (TL) *trabécula lateralis*, (TM) *trabécula medial* e (PCL) *processus craniolateralis*; b. vista lateral, (AC) *apex carinae*, (CAS) *carina sterni*, (LC) *loculus costalis*, (MCS) *margo costalis sterni*, (PAS) *processus articularis sternocostalis* e (PC) *pila carinae*, dentro da linha amarela pontilhada.



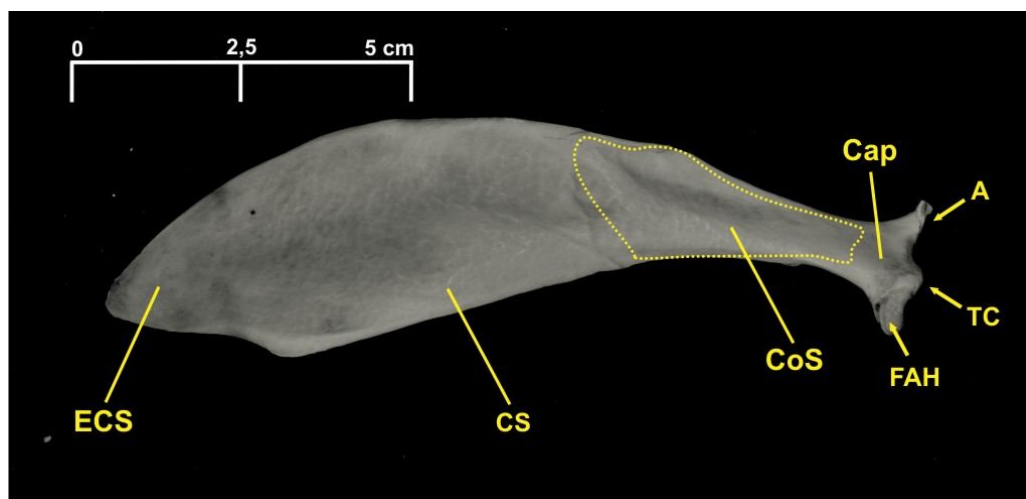
Fonte: Autora (2015)

Na região da *pila coracoidea* existe um sulco largo e profundo, o *sulcus articularis coracoideus*. Acima dos sulcos de inserção do coracóide partem duas projeções de formato quadrilateral, convexa dorsalmente e com a margem cranial levemente projetada para fora do esterno (WATSON, 1883). Essas projeções, chamadas de *processus craniolateralis* (Figura 29 a), em alguns espécimes possuem uma fenestra, podendo ocorrer bilateralmente ou unilateralmente. A margem lateral do esterno, na porção mais caudal, denominada de *margo costalis sterni* (Figura 29 b),

apresenta uma série de processos (*processus articularis sternocostalis*) separados por depressões (*loculus costalis*) (Figura 29 b). Nos processos se articulam as costelas esternais, as quais ocupam também parcialmente os lóculos quando se movimentam. A *margo costalis sterni* é mais larga que o *corpus sterni*, mas assim que termina o último processo articular essa margem se afina, e na porção dorsal da margem surge uma crista que se estende até o início da trabécula lateral.

Escápula (scapula): é alongada, atingindo quase o comprimento do esterno. É caudalmente mais larga que a porção que se articula com o úmero, fúrcula e coracóide (*caput scapulae*), alargando-se gradualmente (Figura 30). A forma da extremidade distal (*extremitas caudalis*) (Figura 30) da escápula pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento do indivíduo, apresentando uma margem que pode ser arredondada e tornar-se pontiaguda ao longo do desenvolvimento do esqueleto (PYCRAFT, 1898). O par de escápulas é laminar em quase toda a extensão do corpo (*corpus scapulae*), exibindo uma forma de espátula, exceto na porção cranial, em que é mais espesso na região *collum scapulae* (pescoço da escápula) (Figura 30), porém, ainda assim, achatado dorso-ventralmente. A cabeça da escápula é a porção mais robusta, e é formada por dois processos: o processo glenóideo (*processus glenoidalis scapulae*), com duas faces articulares, uma externa que se articula a cabeça do úmero (*facies articularis humeralis*), e uma interna que se articula com o coracóide e que possui forma esférica (*tuberculum coracoideum*) que encaixa em uma superfície côncava localizada no coracóide; e o processo acrômio (*acromion*), localizado na lateral interna da escápula (Figura 30), possui uma forma de lingüeta com superfície achatada na superfície de contato com a fúrcula (*processus acromialis claviculae*). A superfície dorsal do corpo da escápula pode ser bastante rugosa, desenhada por pequenas nervuras quando num estágio avançado de desenvolvimento ósseo.

Figura 30 – Escápula de *S. magellanicus*: escápula esquerda, vista dorsal, (A) *acromion*, (Cap) *caput scapulae*, (CoS) *collum scapulae*, (CS) *corpus scapulae*, (ECS) *extremitas caudalis scapulae*, (FAH) *facies articularis humeralis* e (TC) *tuberculum coracoideum*.

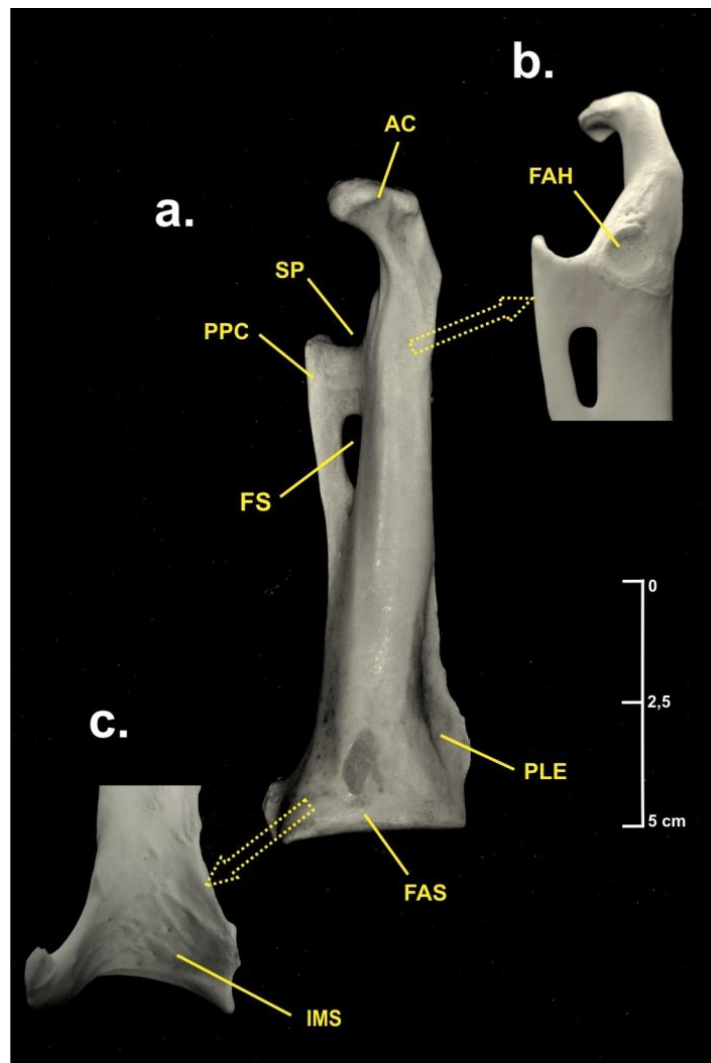


Fonte: Autora (2015)

Coracóide (os coracoideum): o par de coracóides situa-se verticalmente à extremidade cranial do esterno, articulando-se a ele pela *facies articularis sternalis*, localizada na extremidade distal do coracóide. Essa margem articular segue o formato da extremidade caudal que é côncava ventralmente (pois no local se insere o *musculus sternocoracoidei*) e convexa dorsalmente. Ainda na porção caudal, na lateral interna pode surgir um processo pontiagudo (*processus lateralis internum*, Figura 58), de tamanho variável que parte da face ventro-lateral e alonga-se rostralmente. A margem lateral externa da porção caudal forma uma aba (*processus lateralis externum*) que parte do limite superior da impressão do músculo esterno-coracóide e alarga-se até a margem caudal do coracóide, e em alguns espécimes essa aba pode ser levemente côncava. Da porção medial em direção a porção cranial, o coracóide torna-se cilíndrico e na margem interna surge uma aba (*margo lateralis internum*) côncava e fenestrada (*fenestra supracoracoidei*), que se estende até a região da articulação com o úmero (Figura 31). No dorso dessa aba surge o processo procoracóide (*processus procoracoidei*), de forma curvada, formando parte do sulco supra-coracóide (*sulcus supracoracoidei*). Este último se estende até a base processo acrocoracóide. O acrocoracóide situa-se na extremidade cranial do coracóide e

articula-se com a fúrcula. É robusto e em forma de gancho, arqueando-se dorsalmente em direção ao coracóide, especialmente em *S. magellanicus* (PYCRAFT, 1898). Na margem caudal da aba que contém a fenestra supra-coracóide pode surgir uma projeção pontiaguda, de tamanho variável, que aponta na direção caudal (Figura 58). Na porção cranial do coracóide, na face ventral, existe uma depressão circular, a *facies articularis humeralis*.

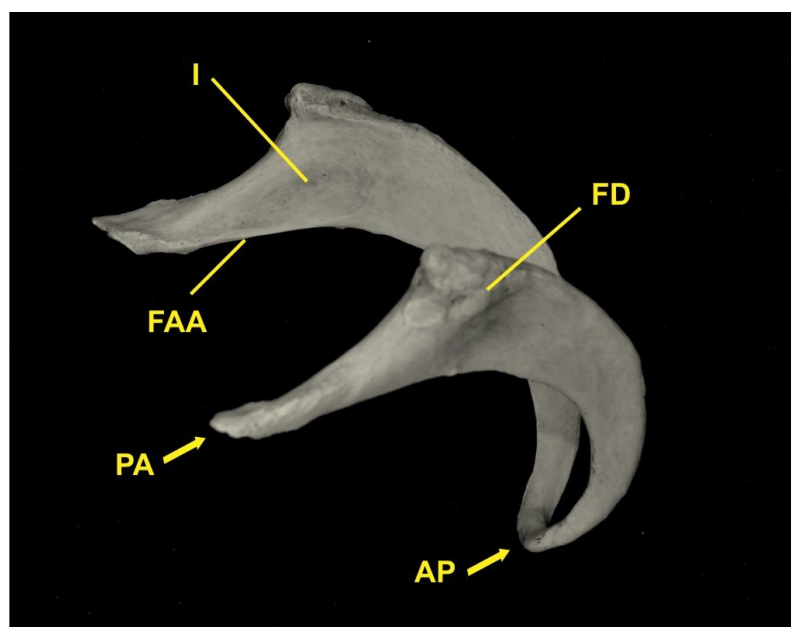
Figura 31 – Coracóide esquerdo de *S. magellanicus*: a. vista dorsal (AC) processo acrocoracóide, (FAS) *facies articularis sternalis*, (FS) *fenestra supracoracoidei*, (PLE) *processus lateralis externum*, (PPC) *processus procoracoidei*, e (SP) *sulcus procoracoidei*; b. vista ventral, porção cranial (FAH) *facies articularis humeralis*; c. vista ventral, porção caudal, (IMS) *impressio m. sternocoracoidei*.



Fonte: Autora (2015)

Fúrcula (furculae, clavicularae): é formada pelo par de clavículas fusionadas. Possui forma de U e a partir da sínfise se alonga arqueando-se dorso-ventralmente, à medida que se torna mais robusta (TRICHE, 2003) (Figura 32). Em vista lateral, é mais larga na porção caudal (*extremitas omalis clavicularae*) e abruptamente se projeta ventralmente, formando uma barra pontiaguda. A porção cranial da barra (*facies articularis acrocoracoidea*) articula-se ao processo acrocoracóide do coracóide e a porção caudal (*processus acromialis*) articula-se ao acrômio da cabeça da escápula. A face dorso-caudal (*facies dorsalis epicleideum*) da fúrcula é arredondada e pode apresentar uma superfície com pequenos tubérculos quando a fúrcula é robusta. A porção interna da *extremitas omalis clavicularae* (*facies internum epicleideum*) pode ser bastante aprofundada. A extremidade cranial da fúrcula, onde se fusionam as duas clavículas (*apophysis furculae*) pode apresentar uma diminuta projeção em alguns espécimes, mas nunca forma um conspícuo *hypocleideum* (PYCRAFT, 1898), como em outras ordens de aves.

Figura 32 – Fúrcula de *S. magellanicus*: vista latero-ventral, (AP) *apophysis furculae*, (FAA) *facies articularis acrocoracoidea*, (FD) *facies dorsalis epicleideum*, (I) *facies internum epicleideum* e (PA) *processus acromialis*.



Fonte: Autora (2015)

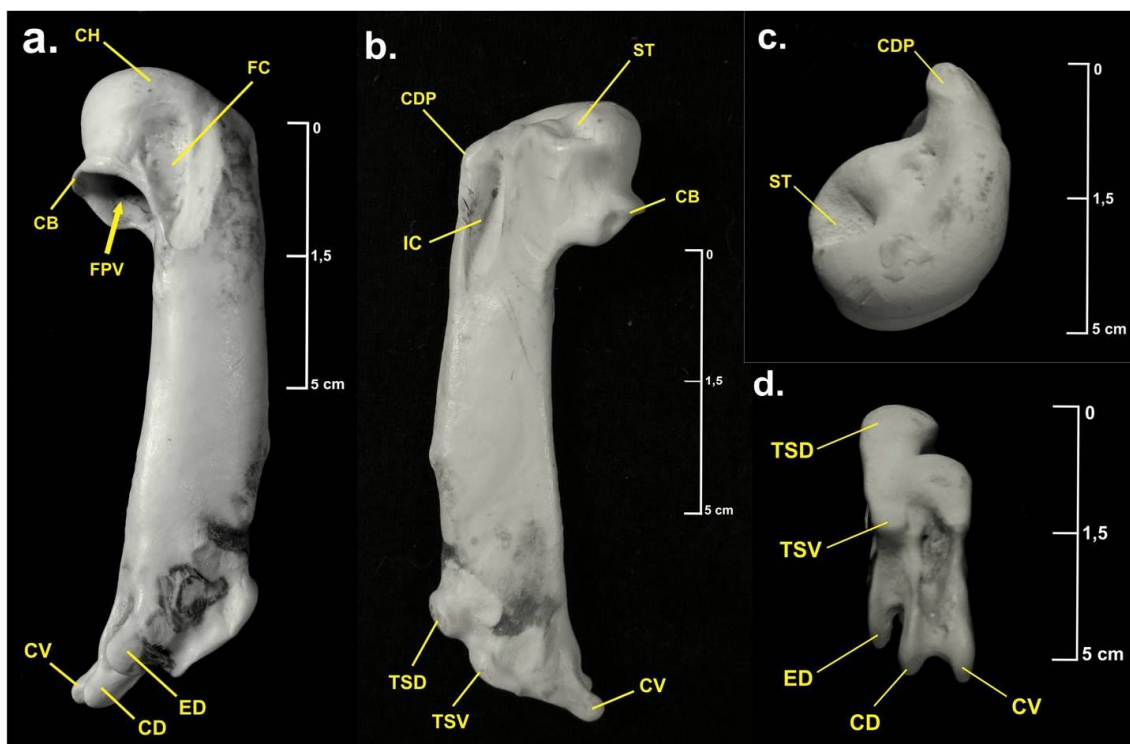
3.2.2.2 Membros anteriores

Os membros anteriores (*ossa alae*) dos Sphenisciformes são comprimidos lateralmente e não pneumatizados. A álula está ausente da série de dígitos.

Úmero: é comprimido lateralmente, mas espesso. Em vista lateral externa, a extremidade cranial possui uma cabeça arredonda (*caput humeri*) e projetada distalmente ao eixo mediano (Figura 33 a e b). Essa cabeça é mais larga que o restante do corpo do úmero e possui uma escavação cupuliforme (GERVAIS & ALIX, 1877), chamada de *fossa pneumotricipitalis ventralis* (Figura 33 a). Dentro dessa concavidade, que escava quase toda a cabeça do úmero, existem duas cavidades, separadas por uma crista longitudinal. A margem ventral da cabeça do úmero (onde está a *fossa pneumotricipitalis ventralis*) possui uma crista pronunciada, a *crista bicipitalis* (Figura 33 a). A superfície dorsal da cabeça do úmero possui um sulco para o ligamento transversal (*sulcus transversus*), que é bastante profundo e arredondado e ao lado, anterior a crista deltóide existe outra concavidade mais rasa (Figura 33 b e c). A crista deltóide (*crista deltopectoralis*) corresponde à margem anterior da extremidade cranial do úmero, rostral à cabeça do úmero, e é superfície de inserção para o *musculus pectoralis* (Figura 33 b e c). Na crista deltóide, na porção cranial interna do úmero, existe um sulco longitudinal profundo (*impressio coracobrachialis*) que serve de superfície de inserção para o *musculus coracobrachialis cranialis* (Figura 33 b). A porção cranial externa também possui uma superfície de inserção para este músculo, desta vez bastante rasa e circular a *fossa coracobrachialis* (Figura 33 b). A extremidade caudal do úmero, em vista lateral possui a mesma espessura do corpo do úmero. É cortada obliquamente, num ângulo de 45°, caudo-ventralmente (COUES, 1872). A margem lateral da extremidade caudal do úmero possui dois tubérculos, o mais externo é a articulação com o rádio (*tuberculum supracondylare dorsalis*) e a superfície convexa posterior é a articulação com a ulna (*tuberculum supracondylare ventralis*) (Figura 33 b e d). A margem medial da extremidade caudal é tripartida numa série de côndilos: o *epicondylus dorsalis*, fica externo e superior aos demais e se articula com o rádio, *condylus dorsalis*, ou interno, que se articula com rádio e ulna, e

condylus ventralis humeri, posicionado na outra extremidade e se articula com a ulna (Figura 33 a, b e d).

Figura 33 – Úmero direito de *S. magellanicus*: a. vista da lateral externa, (CB) *crista bicipitalis*, (CD) *condylus dorsalis humeri*, (CH) *caput humeri*, (CV) *condylus ventralis humeri*, (ED) *epicondylus dorsalis*, (FC) *fossa coracobrachialis* e (FPV) *fossa pneumotricipitalis ventralis*; b. vista da lateral interna, (CDP) *crista deltopectoralis*, (IC) *impressio coracobrachialis*, (ST) *sulcus transversum*, (TSD) *tuberculum supracondylare dorsalis* e (TSV) *tuberculum supracondylare ventralis*; c. vista dorsal da cabeça do úmero; d. vista ventral da extremidade caudal.



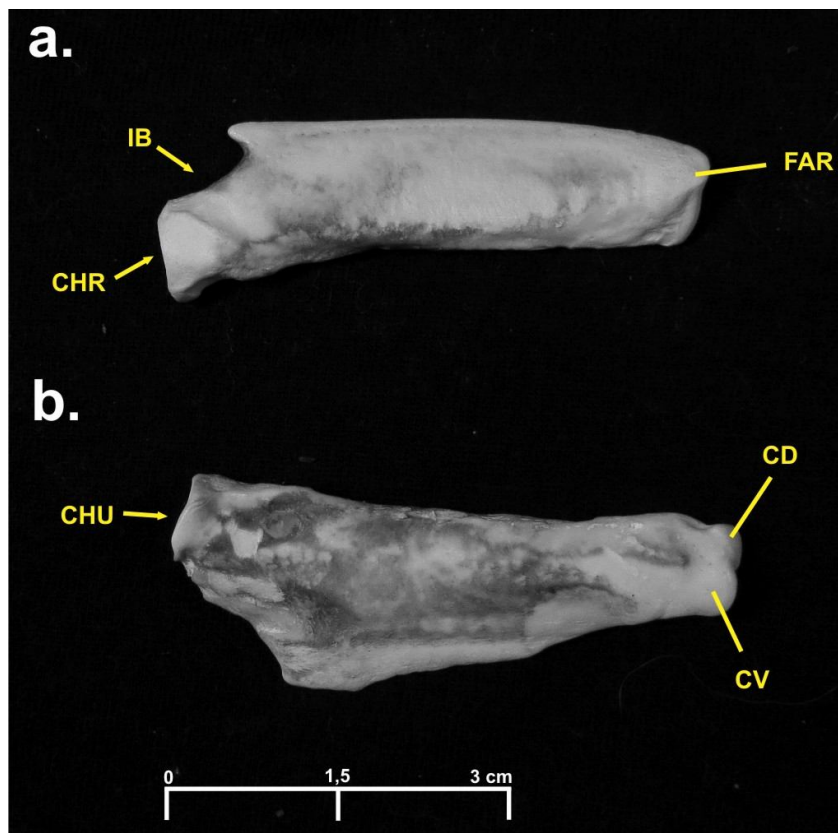
Fonte: Autora (2015)

Rádio (radius): posiciona-se acima da ulna e possui quase a mesma largura da mesma. É achatado em toda a sua extensão, mas é mais delgado ao longo da margem dorsal. Possui formato retangular no aspecto geral, mas é levemente curvado nas extremidades. A extremidade cranial possui uma concavidade que se articula, a *cotyla humeralis* (Figura 34 a). Logo após, dorsalmente, há um sulco seguido de uma projeção curta apontada para a extremidade cranial. Nesse sulco se insere o *musculus brachialis* (TRICHE, 2003) (Figura 34 a). A extremidade caudal (*facies articularis radiocarpalis*) é convexa e se articula com o radiale (Figura 34 a). A lateral

externa é totalmente lisa, já a interna, na sua porção distal possui sulcos rasos para a inserção dos tendões.

Ulna: possui praticamente o mesmo comprimento do rádio. É comprimido lateralmente em toda a sua extensão, mas é mais comprimido na margem medial (o oposto do rádio) (Figura 34 b). A margem medial torna-se triangular logo após a extremidade cranial, na porção antero-medial, assim a ulna é mais larga nessa porção para estreitar-se novamente em direção à extremidade caudal. A face articular cranial articula-se ao úmero (*cotyla humeralis*) e a face caudal possui dois côndilos (*condylus dorsalis* e *ventralis*) que se articulam ao ulnare (Figura 34 b). A lateral externa é lisa e a interna é levemente sulcada, que se estende até a face articular caudal. Esses sulcos servem de superfície de adesão para os ligamentos.

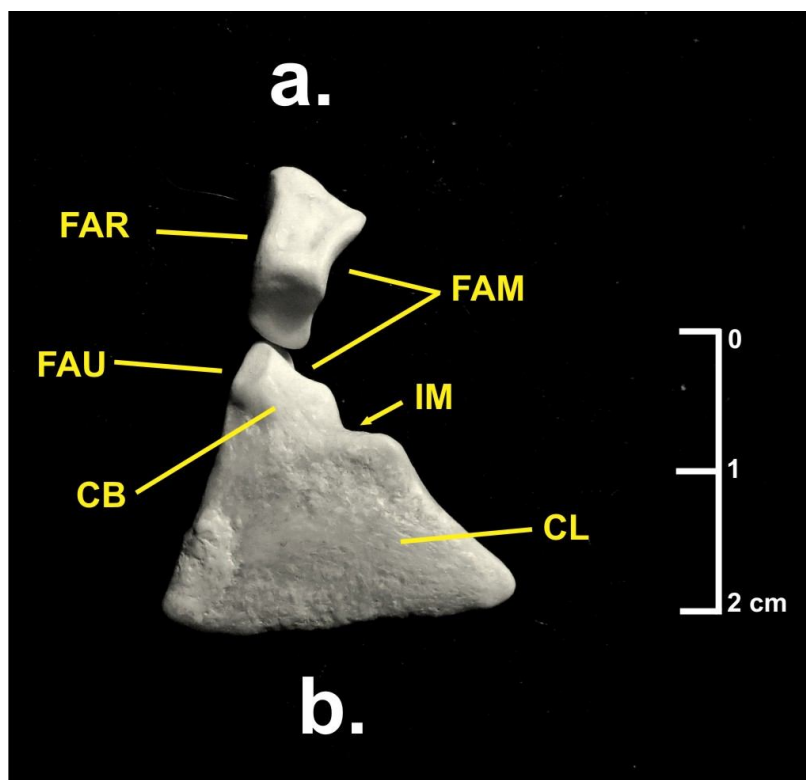
Figura 34 – Ossos do antebraço direito de *S. magellanicus*: a. rádio, vista da lateral externa, (CHR) *cotyla humeralis*, (IB) inserção *musculus brachialis* e (FAR) *facies articularis radiocarpalis*; b. ulna, vista da lateral externa, (CD) *cotyla dorsalis*, (CHU) *cotyla humeralis*, (CV) *cotyla ventralis*.



Fonte: Autora (2015)

Radiale (os *carpi radiale*): situado entre o rádio e o carpometacarpo e possui um formato bastante intrincado, mas lembra o formato cúbico (COUES, 1872). A extremidade proximal possui a face articular côncava (*facies articularis radialis*) e de formato exato à extremidade do rádio a qual se articula (Figura 35 a). Em vista cranial, a face articular com o rádio apresenta na região superior um ápice triangular mais estreito e na região inferior, a face articular possui um ápice triangular mais largo e mais côncavo. Visto lateralmente, o radiale é mais largo na região dorsal do que na ventral e possui um sulco profundo acima da linha média. A face que se articula com o carpometacarpo (*facies articularis metacarpalis*) também é côncava, e possui o mesmo formato da face a qual se articula, sendo levemente mais arredonda do que a *facies articularis radialis* (Figura 35 a).

Figura 35 – Ossa *carpi* do membro anterior direito de *S. magellanicus*: a. radiale, vista lateral externa, (FAR) *facies articularis radialis* e (FAM) *facies articularis metacarpalis*; b. ulnare, vista lateral externa, (CB) *corpus breve*, (CL) *corpus longum*, (FAU) *facies articularis ulnaris* e (IM) *incisura metacarpalis*.



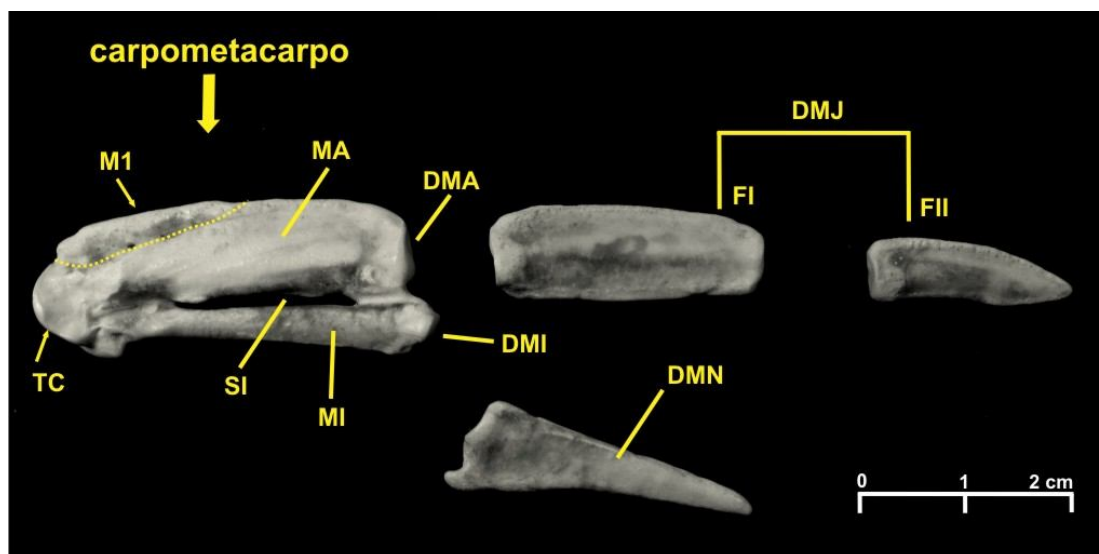
Fonte: Autora (2015)

Ulnare (os carpi ulnare): é maior que o radiale e se posiciona entre a ulna e o carpometacarpo, com o radiale acima. É comprimido lateralmente, sub-triangular e em forma de leque (KSEPKA *et al.*, 2012). A porção ventral do ulnare é chamada de *crus longum*, e as margens laterais coalescem num ápice bastante agudo, que se insere entre a ulna e carpometacarpo, chamado de *crus breve* (Figura 36 b). O ápice da porção superior é levemente curvado para fora do eixo do *crus longum*, e possui uma face que se articula ao carpometacarpo (*facies articularis metacarpalis*) e uma que se articula a ulna (*facies articularis ulnaris*). A *incisura metacarpalis* divide *crus breve* de *crus longum* (Figura 35 b).

Carpometacarpo (carpometacarpus): possui formato retangular, comprimido lateralmente, e é uma fusão de três metacarpais. A extremidade cranial é convexa e se articula com *radiale* e *ulnare*, em formato de tróclea (*trochlea carpalis*) (Figura 36). A extremidade caudal é mais longa na região inferior do que na superior. Possui uma fenestra que se estende longitudinalmente na porção mais inferior do carpometacarpo, chamada de *spatium intermetacarpale* (Figura 36). A porção dorsal a essa fenestra é chamada de *os metacarpale majus* e compreende a fusão de dois metacarpais (Figura 36), sendo mais larga que a porção inferior ao *spatium intermetacarpale*. Na face externa de *os metacarpale majus*, há um leve sulco que evidencia o limite entre o primeiro e o segundo metacarpal (Figura 36, linha pontilhada). A porção ventral ao *spatium intermetacarpale* é composta pelo terceiro metacarpal. É chamada de *os metacarpale minus* (Figura 36), sendo mais estreita e mais longa que *os metacarpale majus* e, apesar achatada como o restante do carpometacarpo, é levemente mais cilíndrica. Ainda na face externa, logo após a margem distal do *spatium intermetacarpale*, aparece um sulco profundo que se alonga até a extremidade caudal do carpometacarpo (Figura 36). Esse sulco também evidencia a silhueta do terceiro metacarpal. A face interna não exibe sulco nessa região. A face articular cranial do carpo metacarpo é ligeiramente mais alargada que o restante da peça. A face articular caudal forma duas faces, dorsal e ventral,

correspondo aos metacarpais relacionados (*facies articularis digitalis major e minor*) (Figura 36).

Figura 36 – Carpometacarpo e dígitos do membro anterior direito de *S. magellanicus*, em vista lateral: no carpometacarpo, a linha pontilhada delimita do metacarpal 1 (M1), na porção superior, fusionado ao metacarpal 2, formando os *metacarpale majus* (MA); ainda no carpometacarpo, (DMA) *facies articularis digitalis major*, (DMI) *facies articularis digitus minor*, (MI) os *metacarpale minus* (SI) *spatium intermetacarpale*, (TC) *trochlea carpalis*; (DMJ) *digitus majus* com as falanges (FI) e (FII); *digitus minus* (DMNI).

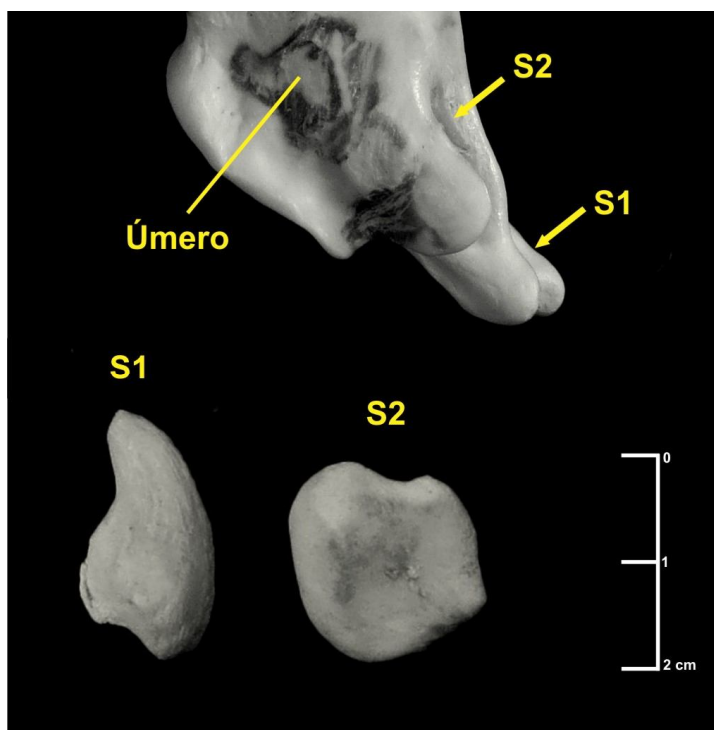


Fonte: Autora (2015)

Digitus major: possui duas falanges, a primeira é retangular, comprimida lateralmente, levemente arqueada na margem dorsal e reta na margem ventral. A segunda falange é alongada e de ápice triangular, curvada ventralmente, comprimida lateralmente, mais fina na ponta e mais curta que a falange I (Figura 36).

Digitus minor: possui apenas uma falange em forma de seta, levemente arqueada na margem ventral, mais fina na ponta do que na extremidade articular ao carpometacarpo. Nessa extremidade, na porção inferior, há uma pequena projeção que se posiciona caudalmente ao carpometacarpo. O *digitus minor* possui o comprimento da primeira falange do *digitus major* (Figura 36).

Figura 37 – Sesamóides do membro anterior esquerdo e extremidade distal do úmero esquerdo de *S. magellanicus*: o sesamóide em forma de garra (S1) articula-se na *incisura intercotylaris* entre o côndilo ventral e dorsal, para onde a seta S1 aponta; o sesamóide circular (S2) articula-se a *fossa m. brachialis*, localizada entre o *epicondylus dorsalis* e o côndilo dorsal. Para onde aponta a seta S2.



Fonte: Autora (2015)

Sesamóides: existem dois sesamóides que se articulam com a face distal externa do úmero e se posicionam lateralmente à série de côndilos dessa extremidade. Watson (1883) descreve esses sesamóides como sendo iguais em todos os Sphenisciformes, variando apenas em tamanho. Em *S. magellanicus*, o primeiro sesamóide é semelhante em tamanho e forma a uma garra, porém a ponta é mais arredondada, bem como o corpo. Esse sesamóide possui face articular côncava e se insere na porção superior da *incisura intercotylaris*, que separa o côndilo ventral e dorsal, com a face pontiaguda apontada em direção à cabeça do úmero (Figura 37). O segundo sesamóide é lateral ao primeiro, posicionando-se um pouco mais acima por se encaixar no sulco (*fossa musculus brachialis*) que separa o *condylus dorsalis* do *epicondylus dorsalis* (Figura 37). Esse sesamóide possui uma forma de disco, arredondado é comprimido lateralmente, e seu tamanho é aproximadamente ao do

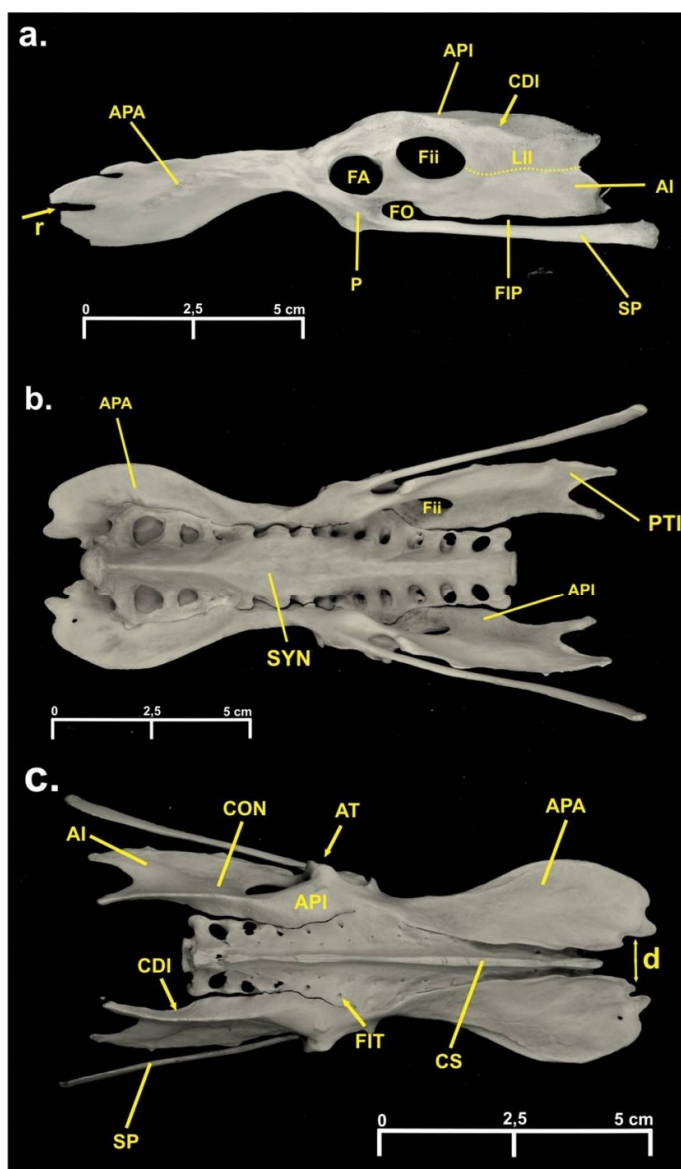
sesamóide em forma de unha. O sesamóide circular pertence ao tendão *musculus humerotriceps* e o sesamóide em forma de garra ao tendão *musculus scapulotriceps* (KSEPKA *et al.*, 2012).

3.2.2.3 Cintura pélvica

Os *coxae*: a cintura pélvica é formada pelo sinsacro e os ossos do quadril (*os coxae*) fusionados. Em vista lateral, observam-se duas fenestrações e uma abertura. A primeira fenestra na direção crânio-caudal é o forame acetabular (*foramen acetabuli*), local de inserção da cabeça do fêmur. Caudal ao *foramen acetabuli* está o *foramen ilioischadicum*, apresentando formato oval e sendo responsável pela passagem de nervos isquiáticos. Caudo-ventralmente ao forame acetabular há uma abertura, o forame obturador (*foramen obturatum*) (Figura 38 a). Ainda em vista lateral, o íleo possui uma porção anterior e posterior. A *ala preacetabularis ilii* (Figura 38 a, b e c) é mais longa que a porção posterior ao *foramen acetabuli*, mais larga em sua porção cranial e estreita-se à medida que se aproxima do *foramen acetabuli*, assumindo um formato de remo, apresentando um ângulo de 25° em relação à região pós-acetabular (PYCRAFT, 1898). A margem cranial é arredondada, mas pode exibir uma superfície entrecortada por reentrâncias, de número e formato variável (Figura 38 a). O íleo pré-acetabular é liso ventralmente, enquanto seu dorso pode ser rugoso em alguns espécimes de maior desenvolvimento esquelético. A superfície ventral da lâmina pré-iliaca é levemente côncava e a margem lateral levemente curva, além disso, as lâminas pré-iliacas de cada lado da pelve nunca se tocam ou mesmo se fusionam como em outros grupos de aves (TRICHE, 2003) (Figura 38 c). A parte posterior do íleo – *ala postacetabularis ilii* situa-se dorsalmente ao *foramen ilioischadicum*, alongando-se até a extremidade dorso-caudal do *os coxae* (Figura 38 a, b e c). A porção interna do íleo pós-acetabular, que se funde ao sinsacro na região das vértebras sacrais, é mais espessa que a lâmina pré-acetabular e côncava. A porção dorsal acima do *foramen ilioischadicum* alarga-se lateralmente e torna-se

achatada dorso-ventralmente. A porção dorsal posterior a este forame apresenta-se triangular (Figura 38 c).

Figura 38 – *Pelvis et os coxae* de *S. magellanicus*: a. os coxae esquerdo, vista da lateral externa, a linha pontilhada é o ponto em que íleo e ísquio se fusionam no início do desenvolvimento do esqueleto, (AI) *ala ischii* (APA) *ala preacetabularis ilii*, (API) *ala postacetabularis ilii*, (CDI) *crista dorsolateralis ilii*, (FA) *foramen acetabuli* (Fii) *foramen ilioischadicum* (FIP) *fenestra ischiopubica*, (FO) *foramen obturator*, (LII) *lamina infracristalis*, (P) *pubis*, (r) reentrâncias na margem cranial do íleo pré-acetabular, (SP) *scapus pubis*; b. *pelvis*, vista ventral, (PTI) *processus terminalis ischii*, (SYN) *synsacrum*; c. *pelvis*, vista dorsal, (AT) *antitrochanter*, (COM) *concavitas infracristalis*, (CS) *crista synsacralis* (d) distância ente as margens internas do par de íleos pré-acetabular, nunca se fusionam, (FIT) *foramina intratransversaria*.



Fonte: Autora (2015)

A *lamina infracristalis ilii* localizada ventralmente ao íleo pós-acetabular é mais fina e forma uma concavidade (*concavitas infracristalis*) em relação à *crista dorsolateralis ilii*, formada pela porção dorsal do íleo pós-acetabular (Figura 38 a, b e c). Localizado caudo-dorsalmente ao *foramen acetabuli*, na lateral externa, está o *antitrochanter*, que é projetado para fora e possui uma superfície achatada para articulação com o trocânter e o pescoço do fêmur (Figura 38 c). O ísquio (Figura 38 a, b e c) posiciona-se ventralmente ao íleo, iniciando a partir do dorso *foramen obturatum* e alongando-se na direção caudal até a extremidade distal do *os coxae*. Após o *foramen ilioischadicum*, íleo e ísquio se encontram, e o limite de fusão não é conspícuo, mas é aproximadamente na linha média do *foramen ilioischadicum* longitudinalmente até a margem distal do *os coxae* (Figura 38 a). Essa margem possui uma forma de V na linha média, formando uma projeção ventral em forma de seta (*processus terminalis ischii*) (Figura 38 b), correspondente ao ísquio e uma projeção similar, porém mais curta correspondente ao íleo. A *ala ischiii* (lâmina ilíaca) é côncava externamente (Figura 38 a e c). O púbis se insere ventralmente ao forame acetabular (e formando parte dele) e se projeta ventralmente emitindo uma barra (*scapus pubis*) paralela a margem do ísquio (Figura 38 a, b e c). Entre o púbis e o ísquio, posterior ao *foramen obturatum*, é formada uma abertura longitudinal paralela às margens das duas estruturas, chamada de *fenestra ischiopubica* (Figura 38 a). A haste que corresponde à *scapus pubis* possui igual largura até a metade de sua extensão, quando começa gradualmente a se alargar, formando uma extremidade em forma de seta. Em alguns espécimes essa extremidade pode ser mais arredondada do que pontiaguda.

3.2.2.4 Membros posteriores

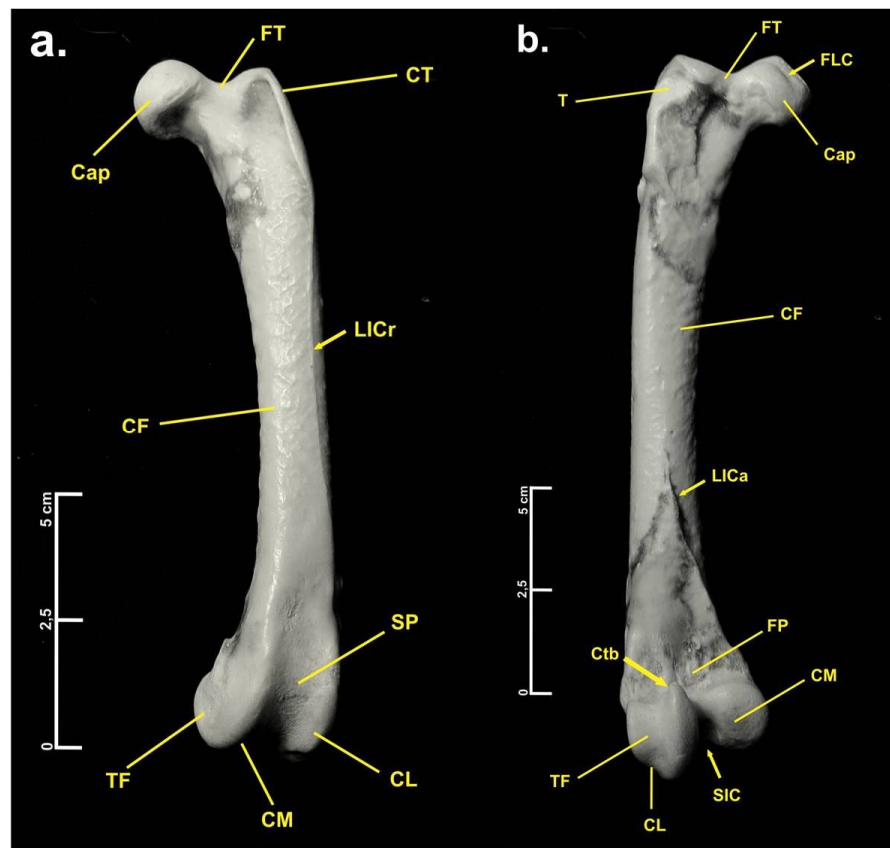
Os membros posteriores de *S. magellanicus* são robustos e densos (não-pneumatizados), sendo o tarsometarso a peça diferencial, que se apresenta mais curta e comprimida dorso-ventralmente em relação aos demais grupos de Aves.

Fêmur (os femoris): o fêmur é mais curto que o tibiotarso, o corpo (*corpus femoris*) é tubular e marcado por linhas longitudinais, uma na face cranial (*linea intermuscularis cranialis*) e uma caudal (*linea intermuscularis caudalis*), que servem de superfície de adesão para ligamentos (Figura 39 a e b). A textura do *corpus femoris* é rugosa. Na extremidade proximal localizam-se a cabeça do fêmur (*caput femoris*) e o trocânter (*trochanter*) (Figura 39 b). A cabeça, que articula com o acetábulo (encaixa-se no *foramen acetabularis*), é grande e globular (WATSON, 1883), projeta-se lateralmente ao corpo do fêmur e é levemente arqueada ventralmente (Figura 39 a). Na superfície da cabeça há uma depressão rasa e circular (*fovea ligamentus capitis*) em que se insere o ligamento da cabeça, morfologia esta já predita para os *Spheniscus* (TRICHE, 2003) (Figura 39b). O *trochanter* (que se articula ao *antitrochanter* no *os coxae*) possui uma superfície lateral achatada e angulada na direção da cabeça (Figura 39b). A *crista trochanteris* situa-se na margem longitudinal do trocânter em vista dorsal e é projetada anteriormente (Figura 39 a). Entre *caput femoris* e o *trochanter* na superfície proximal do fêmur está a fossa trocantérica (*fossa trochanteris*) bastante profunda (Figura 39 a e b). A extremidade distal do fêmur, em vista cranial, é mais larga que o corpo do fêmur, além de levemente curvada em direção a lateral interna. Apresenta um sulco bastante profundo, o *sulco patellaris*, superfície articular com a patela (Figura 39 a). Em vista caudal, essa extremidade distal possui dois côndilos que se articulam com o tibiotarso, o *condylus medialis* internamente e o *condylus lateralis*, externamente (Figura 39 a e b). Entre os côndilos existe um sulco profundo (*sulcus intercondylaris*) (Figura 39 b). O côndilo lateral forma a *trochlea fibularis* com uma crista interna bastante robusta (*crista tibiofibularis*) (TRICHE, 2003) (Figura 39 b). Em vista lateral os dois côndilos projetam-se, de forma semi-circular, em direção caudal ao corpo do fêmur.

Patela (patella): é o maior sesamóide do corpo do pinguim-de-magalhães, possui um formato intrincado, retangular em vista posterior, e formato de ampulheta com duas tuberosidades superpostas quando visto frontalmente (GERVAIS & ALIX, 1877). A superfície de contato com o fêmur (*facies articularis femoralis*) é côncava

(Figura 41). A superfície ventral entra em contato com o tibiotarso através de uma pequena região ventral, levemente sulcada (Figura 41). Na linha média da patela existe um sulco horizontal bem marcado o *sulcus musculus ambientis*, que serve de superfície de adesão ao tendão *musculus ambientis* (Figura 41). O dorso da patela é levemente côncavo.

Figura 39 – Fêmur esquerdo de *S. magellanicus*: a. vista cranial, (Cap) *caput femoris*, (CF) *corpus femoris*, (CL) *condylus lateralis*, (CM) *condylus medialis*, (CT) *crista trochanteris*, (FT) *fossa trochanteris*, (LICr) *linea intermuscularis cranialis*, (SP) *sulcus patellaris* e (TF) *trochlea fibularis*; b. vista caudal, (Ctb) *crista tibiofibularis*, (FLC) *fovea ligamentus capitis*, (FP) *fovea poplitei*, (LICa) *ligamentus intermuscularis caudalis*, (SIC) *sulcus intercondylaris* e (T) *trochanter*.

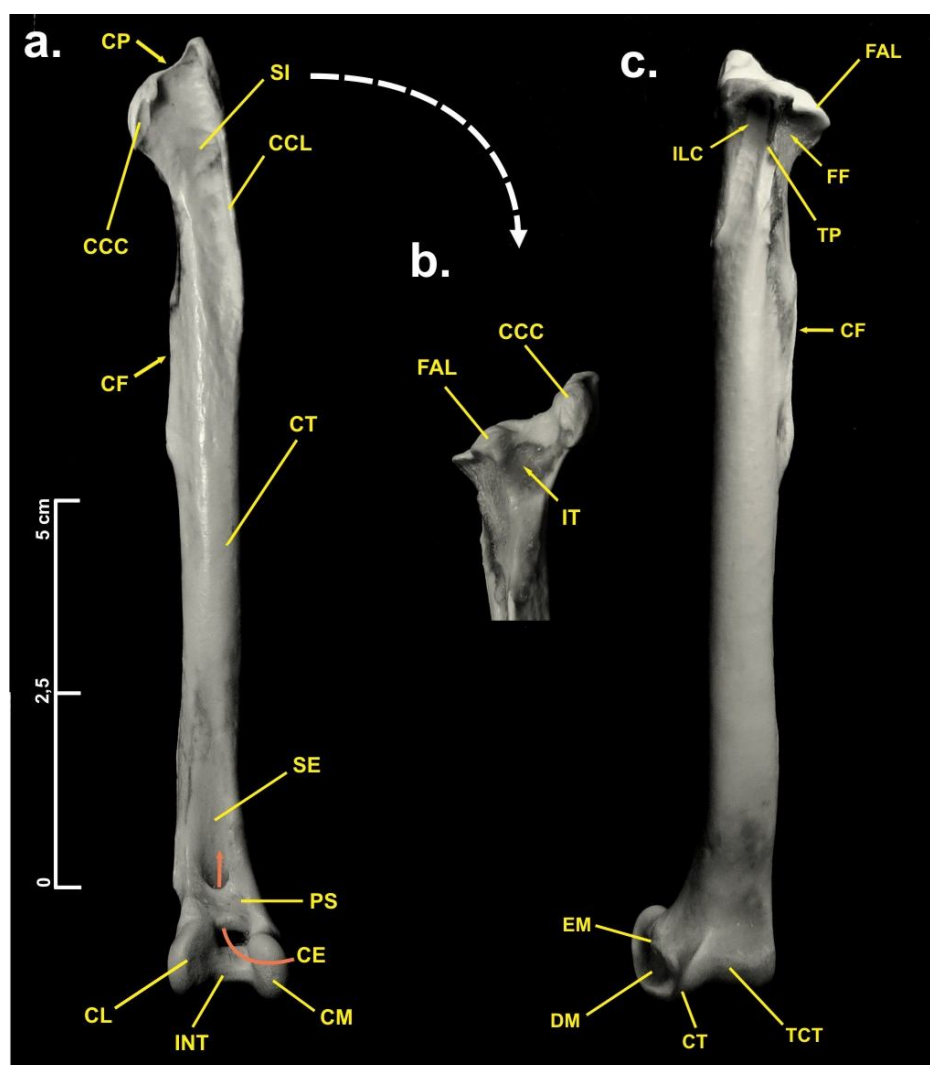


Fonte: Autora (2015)

Tibiotarso (tibiotarsus): o corpo do tibiotarso (*corpus tibiotarsi*) é longo e cilíndrico, sendo o osso mais longo da série dos membros inferiores (Figura 40 a e c). Na extremidade proximal articula-se com o fêmur e com a patela. O fêmur se encaixa mais caudalmente na superfície dorsal do tibiotarso e a patela repousa mais

cranialmente, arqueada sobre o fêmur na porção dorso-caudal deste. Em vista frontal, duas cristas percorrem a extremidade proximal do tibiotarso longitudinalmente, a *crista cnemialis cranialis*, localizada na lateral interna e a *crista cnemialis lateralis*, situada paralelamente na lateral externa da peça (Figura 40 a). Acima das duas cristas, perpendicularmente, a *crista patellaris* conecta as duas extremidades proximais das cristas e é sobre ela que o sulco patelar se encaixa (Figura 40 a). Entre as duas cristas cnemiais há um sulco profundo, o *sulcus intercnemialis*, de onde se origina o tendão *musculus extensor digitorum longus* (Baumel *et al.*, 1993) (Figura 40). Em vista caudal, a extremidade proximal do tibiotarso possui uma crista medial longitudinal, a *tuberositas popliteus*, que se alonga da superfície dorsal até o limite superior da *crista fibularis* (Figura 40 c). Esta última se posiciona latero-ventralmente a *tuberositas popliteus* e é superfície de articulação com a fíbula, estendendo-se quase até a metade do *corpus tibiotarsi* (Figura 40 a e c). Ainda nessa vista, na porção caudal a *facies articularis lateralis*, há uma depressão chamada de *fossa flexoria*, que é origem do tendão *musculus flexor digitorum longus* (Figura 40 c). Oposta a *fossa flexoria*, tendo a *tuberositas popliteus* como limite, há uma depressão mais rasa, *impressio ligamentus collateralis medialis* (Figura 40 c). Em vista lateral, do lado externo, a *crista cnemialis cranialis* é seguida por um sulco, a *incisura tibialis*, e ao lado deste sulco pode ser vista a *facies articularis lateralis*, superfície de articulação com o fêmur na face dorsal e com a cabeça da fíbula lateralmente (Figura 40 b). A extremidade distal do tibiotarso se articula ao tarsometatarso através de dois côndilos, o *condylus medialis* mais largo e arredondado, localizado na lateral interna da extremidade distal, vista em aspecto cranial, e o *condylus lateralis*, mais estreito e com a face levemente voltada para o lado interno, posicionado na lateral externa (Figura 40 a). Entre os dois côndilos existe um sulco, *incisura intercondylaris*, e na porção superior deste sulco um canal se abre, o *canalis extensorius*. Este canal tem, além desta abertura distal, uma abertura proximal localizada no *sulcus extensorius*, além de receber uma ponte óssea que separa as duas aberturas (*pons supratendinous*) (Figura 40 a).

Figura 40 – Tibiotarso esquerdo de *S. magellanicus*: a. vista cranial, (CCC) *crista cnemialis cranialis*, (CCL) *crista cnemialis lateralis*, (CE) *canalis extensorius*, (CF) *crista fibularis*, (CL) *condylus lateralis*, (CM) *condylus medialis*, (CP) *crista patellaris*, (CT) *corpus tibiotarsi*, (INT) *incisura intercondylaris*, (PS) *pons supratendineus*, (SE) *sulcus extensorius* e (SI) *sulcus intercnemialis*; b. porção proximal do tibiotarso, vista lateral externa, (FAL) *facies articularis lateralis* e (IT) *incisura tibialis*; c. vista cranial, (CT) *crista trochlearis*, (DM) *depressio epicondylaris medialis*, (EM) *epicondylus medialis*, (FF) *fossa flexoria*, (ILC) *impressio ligamentus collateralis medialis*, (TCT) *trochlea cartilaginis tibialis*, (TP) *tuberositas popliteus*.

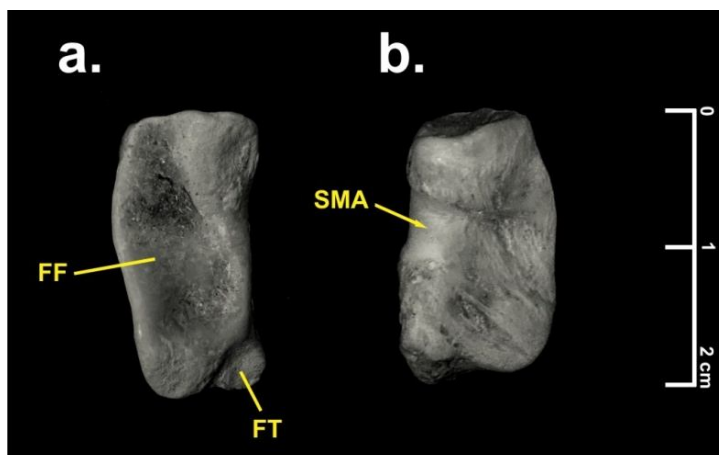


Fonte: Autora (2015)

A extremidade distal, em vista lateral, tanto externa e interna, apresenta uma depressão para a adesão de tendões, a *depressio epicondylaris lateralis* e a *depressio epicondylaris medialis*, respectivamente (Figura 40 c). Em vista caudal, a extremidade distal do tibiotarso apresenta a região medial mais deprimida para a adesão da

cartilagem da tíbia (*cartilago tibialis*), e é chamada de *trochlea cartilaginis tibialis* (Figura 40 c). A superfície convexa correspondente a cada côndilo da porção cranial é chamada de *cristae trochlearis* (Figura 40 c).

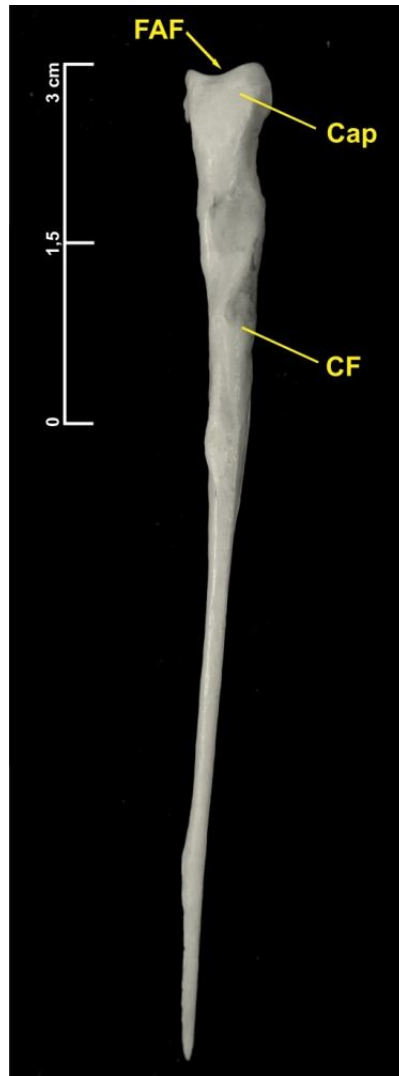
Figura 41 – Patela esquerda de *S. magellanicus*: a. vista ventral, (FF) *facies articularis femoralis*; (FT) face articulada ao tibiotarso; b. vista dorsal, (SMA) *sulcus m. ambiens*.



Fonte: Autora (2015)

Fíbula (fibula): é longa, mas menor e mais fina que o tibiotarso, e não se funde completamente a ele, apenas se sutura na extremidade distal e ao longo da *crista fibularis* na lateral do tibiotarso. A cabeça da fíbula (*caput fibulae*) é comprimida lateralmente, sendo levemente convexa na lateral exterior e levemente côncava na lateral interior (Figura 42). A superfície do dorso da cabeça é também levemente côncava (*facies articularis femoralis*) onde se articula ao fêmur (Figura 42). O corpo da fíbula (*corpus fibulae*) é mais cilíndrico e levemente comprimido lateralmente, se estreita gradualmente da porção proximal para a distal (Figura 42). O *corpus fibulae* compreende a porção caudal a cabeça até o limite da *crista fibularis*. A porção caudal a *crista fibularis* é mais fina e cilíndrica que o *corpus* e *caput fibulae* e também diminui gradualmente de espessura até atingir a extremidade do tibiotarso. A extremidade distal da fíbula termina antes de atingir a extremidade distal do tibiotarso, característica de gênero *Spheniscus* dentro dos Sphenisciformes, diferente de *A. forsteri*, por exemplo, em que a fíbula termina junto à extremidade distal do tibiotarso (WATSON, 1883).

Figura 42 – Fíbula esquerda de *S. magellanicus* em vista cranial: (Cap) *caput fibulae*, (CF) *corpus fibulae*, (FAF) *facies articularis femoralis*.

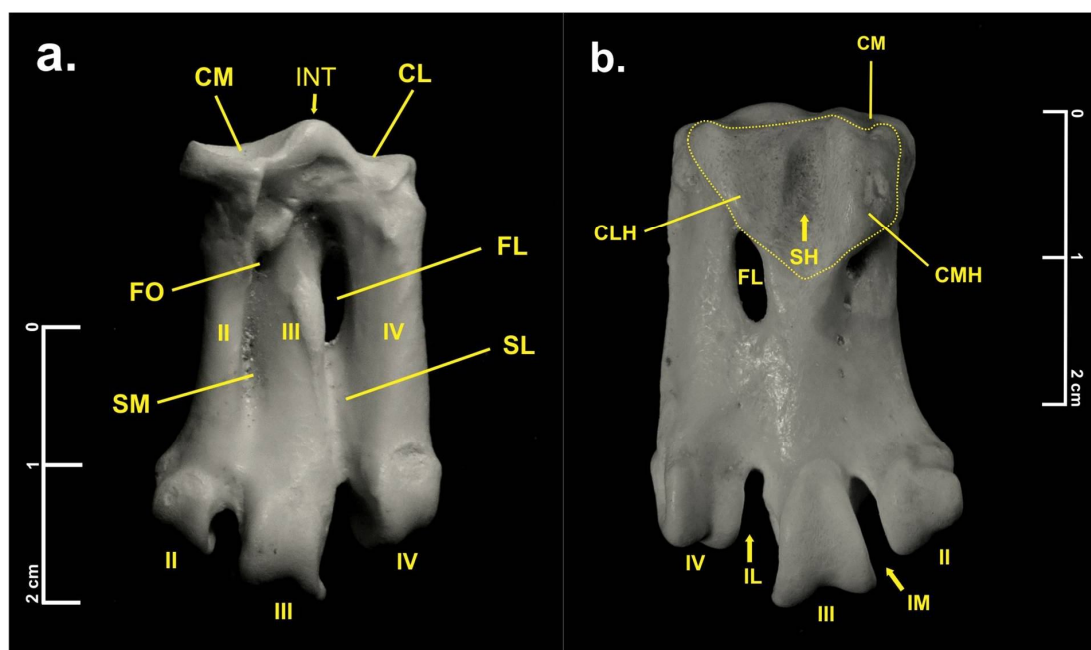


Fonte: Autora (2015)

Tarsometatarso (tarsometatarsus): é curto e alargado em relação aos de outros grupos de aves, apresentando um formato quadrado (TRICHE, 2003). O tarsometatarso das aves é formado pela anquilose dos metatarsais II, III e IV (BAUMEL *et al.*, 1993) (Figura 43 a) e na extremidade proximal também está anquilosado o *hypotarsus* (e. g. calcâneo) (Figura 43b). Em todos os pinguins do gênero *Spheniscus* há dois tubérculos calcâneos (WATSON, 1883) (Figura 43 b). Em vista dorsal, a superfície apresenta sulcos que evidenciam a silhueta dos três metatarsais. O *sulcus intermetarsalis medialis* separa o metatarsal II (localizado na extremidade lateral

interna) do III. Já o *sulcus intermetarsalis lateralis* separa o terceiro do quarto metarsal, e é mais largo que o medial. Em cada sulco há um forame, sendo o *foramen intermetarsal lateralis* mais largo que o *foramen intermetatarsalis medialis*, diminuto (Figura 43 a). Na extremidade distal de cada metatarsal existe uma tróclea – II, III e IV, respectivamente. A terceira tróclea (central) é a mais robusta, a segunda a menor e a quarta é arqueada lateralmente na direção externa à peça, além de ser mais curta em função do tamanho menor do metatarsal correspondente (Figura 43 a e b). A margem lateral do metatarsal II é ligeiramente côncava.

Figura 43 – tarsometatarso esquerdo de *S. magellanicus*: a. vista dorsal, os números II, III e IV se referem aos metatarsais fusionados e às trócleas correspondentes, (CL) *cotyla lateralis*, (CM) *cotyla medialis*, (FL) *foramen intermetarsal lateralis*, (FO) *foramen intermetatarsal medialis*, (INT) *iminentia intercotylaris*, (SL) *sulcus intermetatarsalis lateralis* e (SM) *sulcus intermetatarsalis medialis*; b. vista ventral, os números correspondem as trócleas dos metatarsais fusionados, a linha pontilhada delimita o *hypotarsi*, (CLH) *crista lateralis hypotarsi*, (CMH) *crista medialis hypotarsi*, (IL) *incisura intertrochlearis lateralis*, (IM) *incisura intertrochlearis medialis* e (SH) *sulcus hypotarsi*.



Fonte: Autora (2015)

A superfície da extremidade proximal do tarsometatarso apresenta duas concavidades, *cotyla medialis* e *lateralis*, respectivamente, em que se articulam os côndilos *medialis* e *lateralis* do tibiotarso. Entre as duas concavidades há uma

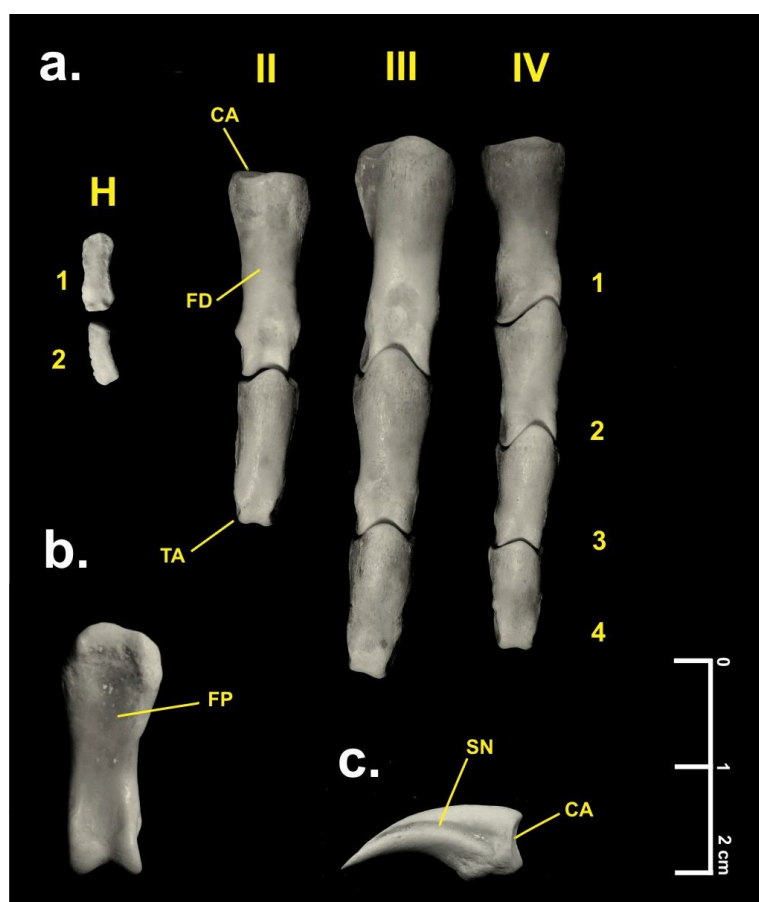
elevação, chamada de *iminentia intercotylaris*, que se insere entre os côndilos do tibiotarso. (Figura 43 a). Em vista ventral, o tarsometarso apresenta caudal a *cotyla medialis* uma projeção em forma de crista, que corresponde à *crista medialis hypotarsi* (Figura 43 b). Essa crista inicia na extremidade proximal e se estende até a base do hipotarso, na linha do *foramen intermetatarsal medialis*. Esta crista é robusta e quadrada, elevando a superfície plantar do tarsometatarso como um pequeno "salto". Ao lado desta crista existe outra de menor altura e mais arredondada, a *crista lateralis hypotarsi*, que também contribui, em menor grau, para elevar a superfície plantar do tarsometatarso (Figura 43 b). Na extremidade distal da crista se encontra com o *forame intermetatarsal lateralis*. As duas cristas são separadas pelo *sulcus hypotarsi* (Figura 43 b). Caudal à extremidade distal do hipotarso a superfície ventral do tarsometarso é ligeiramente côncava e a extremidade distal da superfície ventral do tarsometatarso termina nas trócleas. Cada uma é separada entre si por cortes, denominados de *incisura medialis intertrochlearis* e *lateralis intertrochlearis*, respectivamente (Figura 43 b). O tarsometatarso corresponde a um quarto do comprimento total do tibiotarso (PYCRAFT, 1898)

Dígito I (hallux): posicionado na face ventral do tarsometatarso, na região do *f. intermetatarsalis medialis*, possui duas falanges. A primeira falange é retangular (levemente mais estreita na porção medial, como em uma ampolheta) e comprimida dorso-ventralmente, possui dois pequenos botões na margem distal, lembrando uma tróclea (Figura 44). A segunda falange é retangular, porém é levemente mais cilíndrica e possui a margem distal mais achatada.

Dígito II (digitus secundus): o primeiro a contar da porção externa em direção à porção interna da peça. Este dígito possui duas falanges. A falange proximal é mais robusta e alongada, a face articular (*cotyla articularis*) é levemente côncava, o corpo é semi-circular, sendo arredondado dorsalmente (*facies dorsalis*), mas achatado ventralmente (*facies plantaris*) (Figura 44). Na face ventral é levemente sulcado na porção mais proximal. A extremidade distal apresenta uma tróclea (*trochlea articularis*). A falange distal é também alongada, porém menor. A *cotyla articularis*

apresenta uma crista na porção medial. A tróclea da extremidade distal é menos robusta e não apresenta um sulco ventral, curvando-se de maneira plana até atingir a margem distal. As primeiras falanges dos demais dígitos apresentam exatamente o mesmo formato, variando apenas em tamanho e comprimento. As últimas falanges dos demais dígitos também se assemelham a do primeiro, e variam também apenas em tamanho e comprimento.

Figura 44 – *Ossa digitorum pedis*, pata esquerda, de *S. magellanicus*: a. vista dorsal, os números romanos correspondem aos dígitos e os números arábicos às falanges, o hálux (H) é o primeiro da esquerda para direita, (CA) *cotyla articularis*, (FD) *facies dorsalis*, (TA) *trochlea articularis*; b. vista ventral do dígito III, falange 1, (FP) *facies plantaris*; c. vista lateral da garra (*phalanx unguialis*) do dígito III, (SN) *sulcus neurovascularis*.



Fonte: Autora (2015)

Dígito III: possui três falanges, as três são mais robustas que todas as outras falanges dos demais dígitos. A segunda se assemelha a última quanto à extremidade

proximal, entretanto a tróclea se assemelha mais com a primeira. Cada falange diminui gradualmente de tamanho. As falanges são alongadas, mas não são estreitas como as do dígito II. O dígito III é o mais comprido, seguido do quarto, quase do mesmo tamanho.

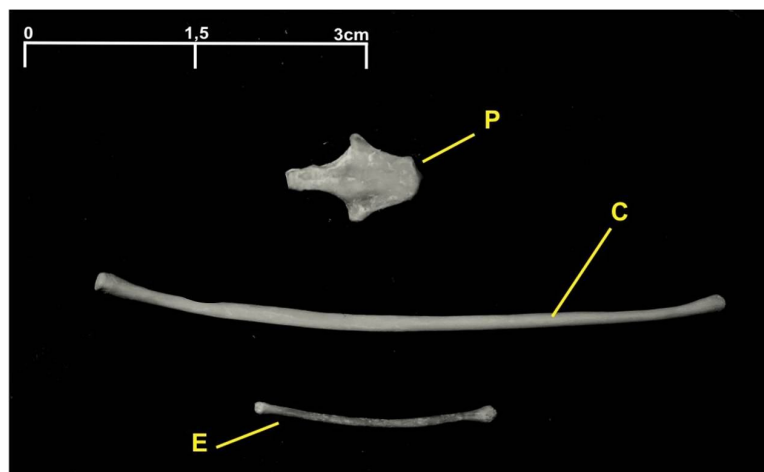
Dígito IV: possui quatro falanges, sendo a última a menor de todas as falanges de todos os dígitos (Figura 44). Todas são mais curtas que as dos outros dígitos. A segunda e a terceira falange se assemelham nas extremidades à segunda falange do dígito III.

Garras (phalanx unguis): o tamanho das falanges das garras é proporcional ao tamanho das falanges dos dígitos a qual se articulam, sendo a maior delas a do dígito III, seguida pelo dígito II e IV, e a menor sendo a do hálux. O formato dessas falanges é de uma garra típica. A extremidade proximal possui duas concavidades (*cotylo articularis*) separadas por uma crista, onde se encaixa a tróclea da última falange dos dígitos. Nas laterais de cada garra há um sulco, o *sulcus neurovascularis*, por onde passam nervos e veias.

3.2.3 Esqueleto visceral

Apparatus hyobranchialis: o hióide (Figura 45) é formado por elementos cartilaginosos e ósseos. O *paraglossum* em vista dorsal possui uma extremidade rostral afilada, se expandindo na porção medial e formando duas pequenas projeções direcionadas lateralmente, e após a linha média seu formato torna-se quadrado. Em vista ventral, a única diferença é que da extremidade cranial desce uma projeção aguda e curvada caudalmente, medindo a metade da extensão de todo o *paraglossum*.

Figura 45 – *Apparatus hyobranchialis* (hióide) de *S. magellanicus*: (P) *paraglossum*, vista dorsal, (C) *ceratobranchiale*, lado direito, (E) *epibranchiale* lado direito.



Fonte: Autora (2015)

Tanto o *basihyale* quanto o *urohyale* são cartilagosos, podendo ser observados apenas antes do processo de maceração do esqueleto. Os dois *ceratobranchiale* são longos e circulares, diminuem em diâmetro da extremidade anterior para a posterior (Watson, 1883) e os *epibranchiale* medem a metade do comprimento do ceratobranquial e são separados deste por uma pequena cartilagem da metade do tamanho do epibranquial (PYCRAFT, 1898). Os epibranquiais são curvados lateralmente para acompanhar a forma do crânio (Watson, 1883).

3.3 DESENVOLVIMENTO PÓS-NATAL DO ESQUELETO

Ao longo das análises dos 80 esqueletos completos tombados na coleção ornitológica do MUCIN, foram constatadas diversas variações na ossificação das peças anatômicas dos esqueletos. Além das variações no tamanho das peças, puderam ser observadas sequências de ossificação, como fechamento de suturas, fusão de elementos e finalização de determinadas porções dessas peças. Muito pouco é encontrado na literatura sobre desenvolvimento pós-natal de das estruturas ósseas em aves, fato que foi percebido por autores como Hogg (1979). Em relação aos Sphenisciformes, Pycraft (1898) discute aspectos osteológicos de ninhegos, Watterston e Geddes (1909) e Crompton (1953) investigaram o desenvolvimento *in*

ovo e outros autores fazem menções sobre aspectos osteológicos dos juvenis de Spheniscidae, mas não há trabalho específico sobre o assunto.

3.3.1 Descrição do desenvolvimento pós-natal observado em *S. magellanicus*

3.3.1.1 Sincrânio

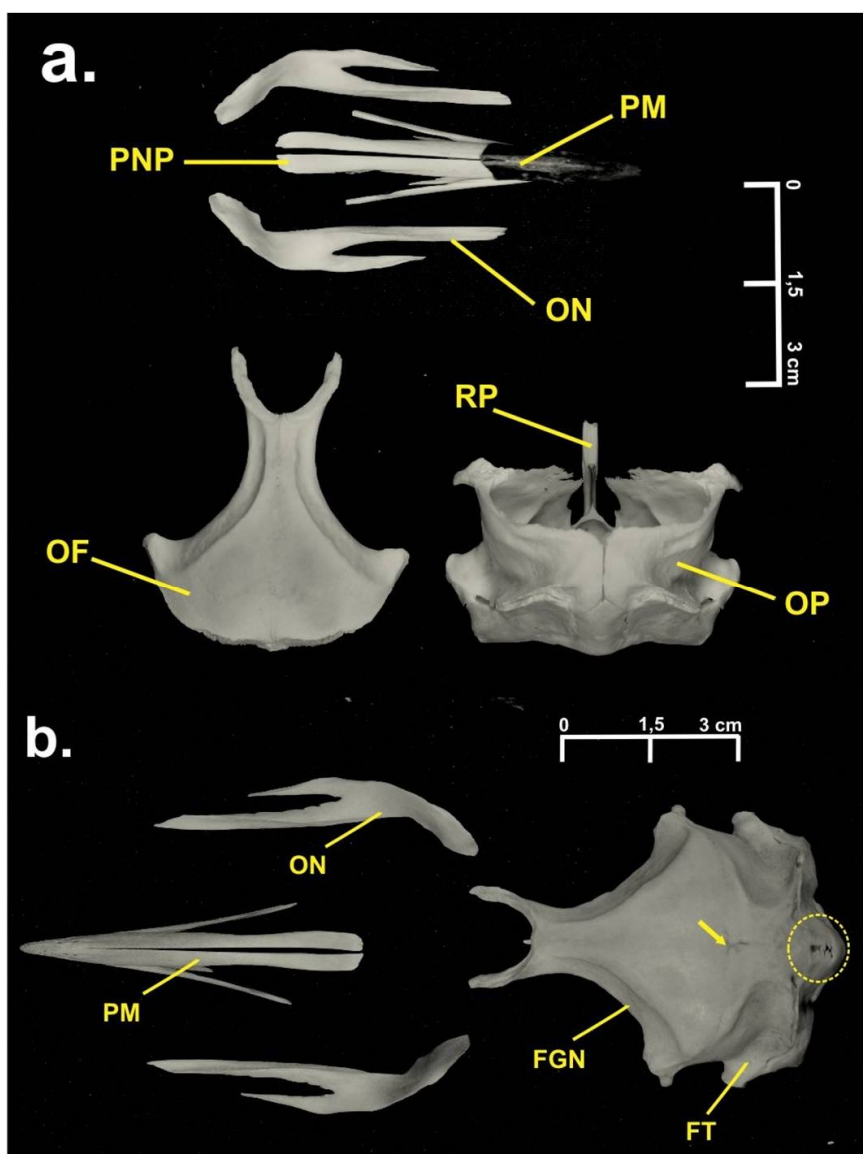
Os frontale, os parietale e os nasale: não foi observada sutura entre o par de ossos frontais nos espécimes analisados, que já formavam uma única peça (sinostose). Entretanto, a *depressio frontalis* variou de um estado ausente (Figura 46 a e b e 47 a) a profundo (Figura 15 a), com um grau intermediário entre os dois (Figura 47 b). A cavidade da glândula de sal (*fossae glandularis nasalis*) também exibiu variação, sendo rasa e com textura lisa em alguns espécimes (Figura 46 a e b, 47 a e 49), até atingir um grau em que se apresentou profunda (visível pela extremidade posterior em contato com o processo pós-orbital) (Figura 15 a e b), além de exibir de algumas (Figura 46 a e b e 47 a) a muitas pontuações (Figura 15 a e b). Em relação aos limites entre frontal e parietal, foram observadas desde a desarticulação do frontal e parietal (Figura 46 a e 49), até a sinostose entre as duas estruturas (Figura 10 e 47 b), com um grau intermediário de sutura entre elas (Figura 46 b e 47 a). Nesse grau intermediário pode ser visível a cicatriz de fusão ao longo de todo o limite fronto-parietal (Figura 46 b e 47 a). O limite frontal-parietal, após atingir o grau de sinostose, pode exibir a crista coronal (PYCRAFT, 1898), que varia desde ausente (Figura 46 b e 47 a), ser pouco conspicua (Figura 47 b), até se apresentar robusta (Figura 10). A textura da superfície do osso frontal variou desde lisa (Figura 46 e 47 e 49) até marcada por pequenas ranhuras (Figura 15 a). O par de parietais também apresentou diferentes texturas ao longo dos espécimes, variando de uma superfície lisa (Figura 46 e 47) até totalmente marcada por rugosidades (Figura 15 a). Foi observado que as superfícies marcadas ocorreram quando o crânio apresentava alto grau de sinostose entre todas as estruturas (Figura 15 a). O osso frontal também

sofre sinostose a os *nasale*. Foram encontrados espécimes com o par de nasais desarticulados entre si (Figura 46 a e b), e consequentemente, de os *frontale*. O grau intermediário foi a fusão ao osso frontal, mas exibindo cicatrizes nos limites frontal-nasal e entre as peças nasais (Figura 47 a). O grau final observado foi a sinostose (Figura 10).

Os parietale, os squamosum e os occipitale: o par de parietais exibiu cicatrizes de sua fusão com o par de esquamosais em alguns espécimes, mas ambas as estruturas não foram encontradas desarticuladas e, em geral, apresentaram sinostose. A crista sagital variou desde a ausência (Figura 46, 47 a, 48 e 49) até apresentar-se afilada e alongada (Figura 10), com um grau intermediário sendo mais larga e curta (Figura 47 b). Esta estrutura parece variar juntamente com *crista nuchalis transversa*, pois as cristas mais expandidas implicaram na presença da crista em formação ou uma crista sagital alongada (Figura 15 a). A crista transversa, quando observada caudalmente, foi avaliada como pequena quando atingia somente 1/3 da área de os *parietale*, média ao atingir somente metade e robusta ao atingir mais da metade ou esconder os *parietale*. Esse primeiro estágio apareceu naqueles indivíduos com estruturas como frontal e parietal desarticulados (Figura 48). Em geral, o segundo e terceiro estágios foram mais comuns (Figura 13 e 15 a). Além disso, a *fossa temporalis* também acompanhou o desenvolvimento da crista transversa: quanto maior a crista, mais profunda a fossa temporal. Nas figuras 10 e 11 podem ser vistas fossas profundas. Tanto Triche (2003) quanto Pycraft (1898) confirmam que a crista sagital é formada pelo crescimento das “asas esquamoso-parietais” (*crista nuchalis transversa*) e aprofundamento da fossa temporal em *S. magellanicus*. Nenhum indivíduo exibiu os *occipitale* desarticulados entre si, somente cicatrizes de fusão entre *exoccipitale*, *supraoccipitale*. Somente, em poucos espécimes, a *proeminencia cerebellaris* no supraoccipital apresentou uma pequena fontanele (Figura 46 b e 48), bem como os *supraoccipitale* entre si e entre os *exoccipitale* (Figura 48). Essas porções do crânio parecem se fusionar muito mais cedo no desenvolvimento do crânio da após a eclosão, acompanhando os modelos de desenvolvimento propostos por Hogg

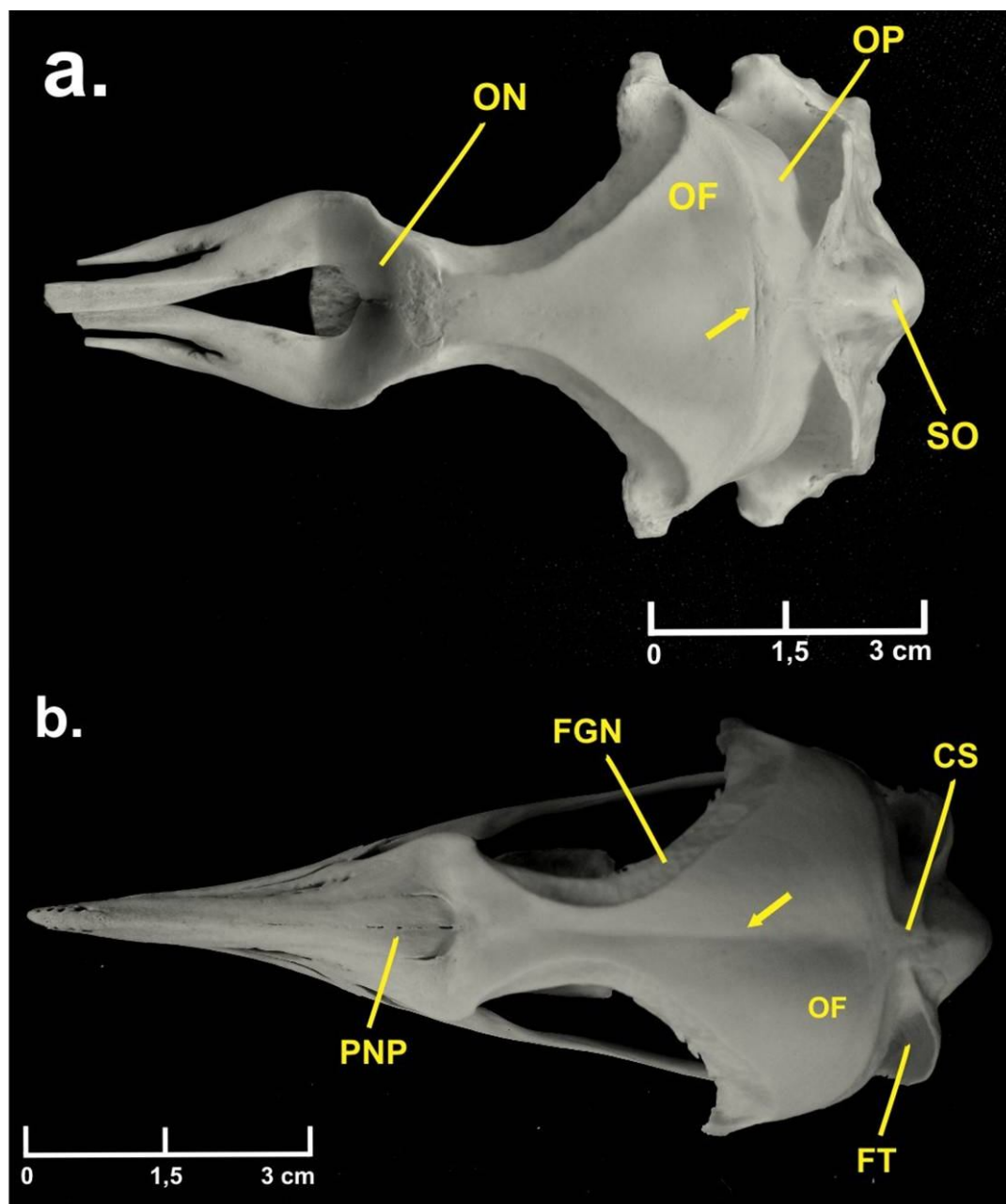
(1978). Nos espécimes com menor desenvolvimento esquelético, o processo pós-orbital se mostrou, em geral, mais curto e com a extremidade mais arredondada (Figura 48) do que naqueles com um estágio menos avançado (Figura 15 a).

Figura 46 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus* em vista dorsal:
 a. os *parietale* (OP), os *frontale* (OF), os *nasale* (ON) e os *premaxillare* (PM) desarticulados entre si. Os *parietale* com suturas visíveis entre si, mas já fusionado ao *rostrum parasphenoidale* (RP) e ao occipital. Suturas entre o processo nasal da pré-maxila (PNP). Os *frontale* (OF) com a *fossa glandularis nasalis* (FGN) rasa e sem *depressio frontalis* marcada; b. os *parietale* e os *frontale* fusionados, mas a seta indica as suturas. Os *nasale* e os *premaxillare* desarticulados entre si. A *fossae glandulae nasalis* ainda é rasa e o círculo evidencia a fontanela na *proeminentia cerebellaris*. A *fossa temporalis* (FT) é rasa.



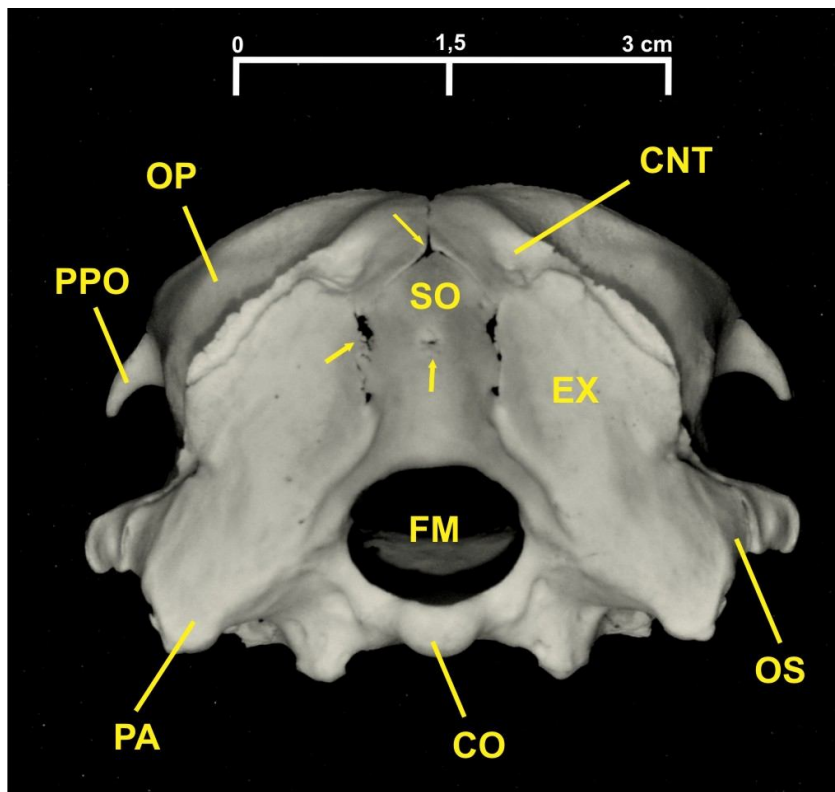
Fonte: Autora (2015)

Figura 47 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus*, vista dorsal: a. (ON) *os nasale* já está fusionado a *os parietale* (OP) e *os frontale* (OF), mas a pré-maxila (ausente na imagem) está desarticulada. A seta indica a sutura entre frontais e parietais, menor que na figura 46. A *depressio frontalis* está ausente e a textura do frontal ainda é lisa; b. As estruturas da porção dorsal do crânio já estão em sinostose. O processo nasal da pré-maxila (PNP) ainda está septado. A fossa glandularis nasale (FGN) já é mais aprofundada e possui pequenas pontuações. A seta indica a *depressio frontalis* visível. A *crista nuchalis sagitallis* (CS) já está visível e a fossa temporalis já é um pouco mais profunda que na figura 46.



Fonte: Autora (2015)

Figura 48: Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus*, vista caudal: as setas apontam algumas fontanelas entre os *supraoccipitale* (SO) e os *exoccipitale* (EX), a *crista nuchalis transversa* (CNT) é pequena e está em processo de formação e o processo pós-orbital (PPO) ainda é curto.

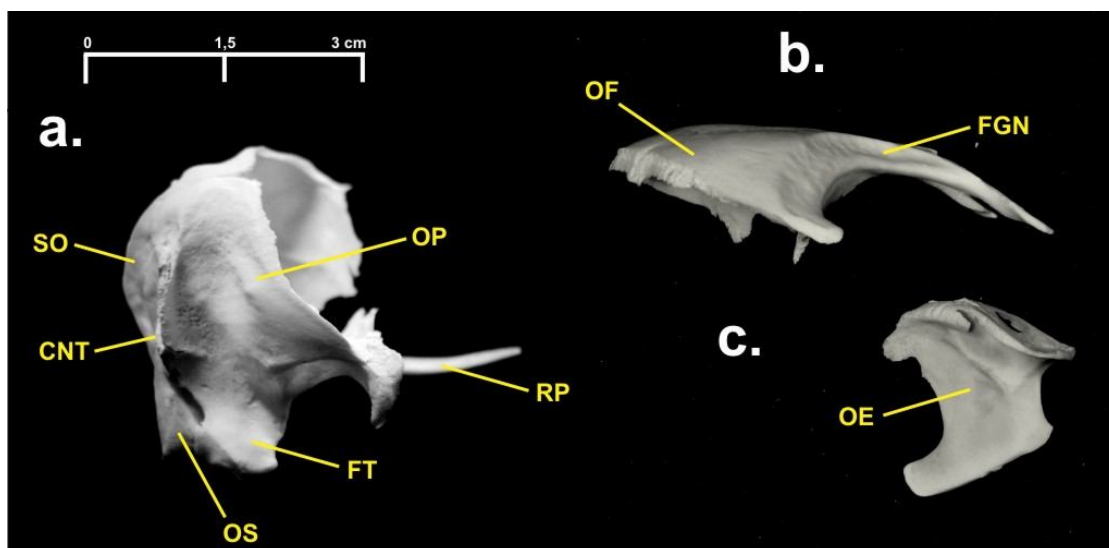


Fonte: Autora (2015)

Os laterosphenoidale, os ectethmoidale, os parasphenoidale e os mesethmoidale: ao longo dos 80 esqueletos observados, essas porções do crânio exibiram grande variação. Primeiramente, o estado de sinostose de todas essas estruturas pode ser observado na Figura 12. O grau em que essas estruturas estão desarticuladas ou ausentes pode ser visto na figura 49 e 50. Quando o ectetmóide não está fusionado (Figura 49 e 50), o mesetmóide também não existe na região anterorbital e ventral a os *nasale*, e o lateroesfenóide é uma pequena placa de cada lado do forame ótico (não limitado dorsalmente), existindo apenas uma grande abertura no lugar da parede caudal às orbitas (Figura 50). O mesetmóide começa a se formar pela região do *rostrum parasphenoidale* (Figura 50). Com os *ectethmoidale* fusionado ao ventre do osso nasal e a porção de os *mesethmoidale* fusionada ao longo de todo o *rostrum parasphenoidale* (Figura 51) é possível que a porção anterorbital do mesetmóide

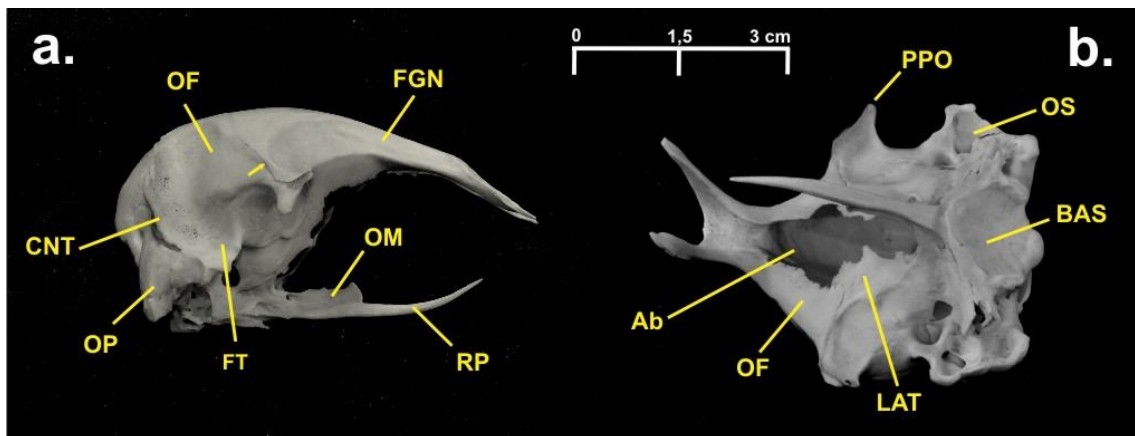
possa se formar, através da ligação vertical entre o ectetmóide e a extremidade distal do *rostrum parasphenoidale* (Figura 51 b). Nesse estágio da formação da porção anterorbital de *os mesethmoidale*, a região ventral a *os frontale* também começa a ser preenchido por uma ossificação, a *lamina dorsalis* originada por *os mesethmoidale* (Figura 51 c). Nesse momento, *os laterosphenoidale* também aumentam sua área ossificada, delimitando o forame ótico em sua porção dorsal (Figura 51 b). Agora, a parede caudal às órbitas começa a se formar, através do alongamento da porção baixo da *lamina dorsalis* e essa formação apresenta dois momentos. No primeiro, a parede caudal à órbita possui uma abertura menor, que pode ser chamada de *fonticulum orbitocranialis*, para que no segundo o mesetmóide se alongue além da *lamina dorsalis*, septando essa abertura e formando duas, *os fonticuli orbitocraniale* (Figura 51 b). Baumel *et al.* (1993) descreve os *fonticuli orbitocraniales* como “deficiências” não pareadas no septo inter-orbital ou pareadas na parede caudal da órbita. Em Bertelli & Giannini (2005) é discutido o fato de essas fenestrações variarem conforme a idade do espécime, e que, por exemplo, em *A. forsteri* elas se apresentam permanentes. Em *S. magellanicus*, essas fenestrações vão diminuindo de tamanho (Figura 52 a e b) à medida que *os laterosphenoidale* e *os mesethmoidale* se fundem, até desaparecem, como pode ser visto na Figura 11. Quando *os mesethmoidale* se encontra a *os laterosphenoidale* na porção dorsal do forame ótico, o septo interorbital continua sua formação, através de uma ossificação em forma de haste ou barra que parte dessa região e se alonga (Figura 52 b) até encontrar o restante de *os mesethmoidale* na porção dorsal do *rostrum parasphenoidale*, e então, o septo ou placa inter-orbital está completo (Figura 11). Quando a parede caudal às órbitas está formada, pode ser observado um pequeno orifício no dorso dessa parede, geralmente pareados, chamados de *foramen orbitonasale laterale* (Figura 12, 51 a e 52). A *lamina dorsalis* também se alonga em direção anterorbital durante o processo de formação dessa região, formando o ventre do *foramen nervus olfactorii* (Figura 52). Quando surge essa parede ventral, surge com ela o *foramen orbitonasale mediale* (Figura 52 b).

Figura 49 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus*, vista lateral: a. porção caudal do crânio desarticulada de *os frontale* (OF), a *fossa temporalis* (FT) ainda é rasa, pois os *squamosum* (OS) também é pouco robusto, (OP) *os parietale*, (CNT) *crista nuchalis transversa*, (SO) *os supraoccipitale* e (RP) *rostrum parasphenoidale*; b. *os frontale* (OF) desarticulado e exibindo uma *fossa glandularis nasalis* (FGN) rasa e praticamente lisa; c. *os ectethmoidale* (OE) desarticulado de *os frontale*.



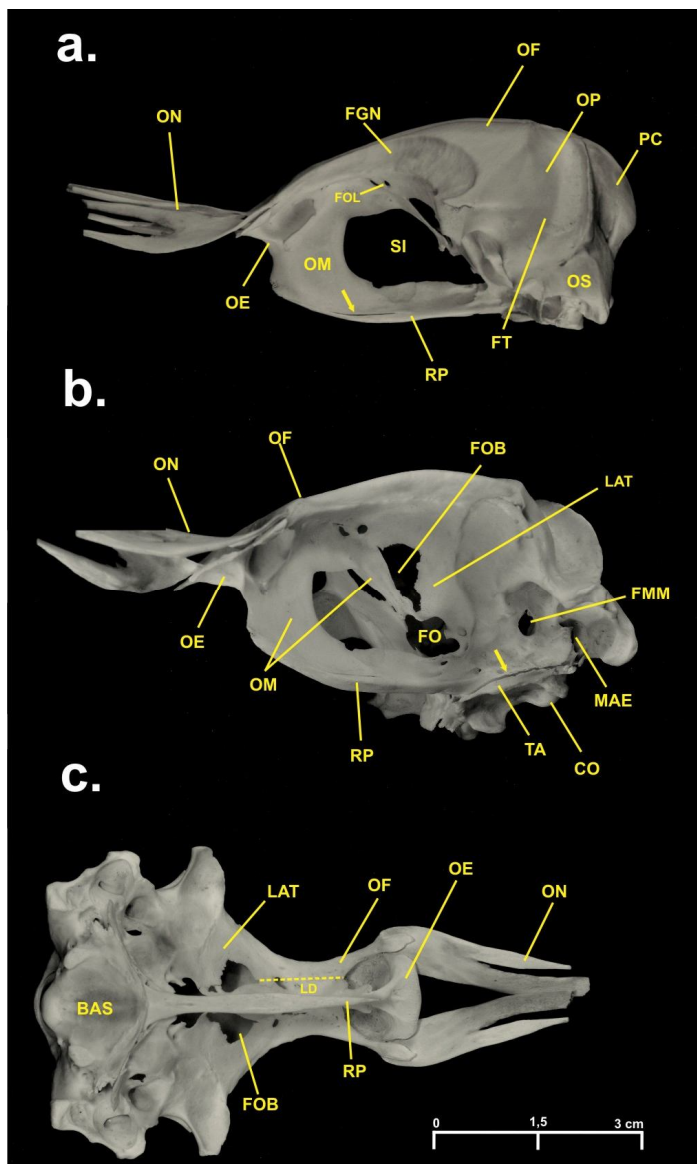
Fonte: Autora (2015)

Figura 50 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus*: a. vista lateral, processo de formação de *os mesethmoidale* (OM) sobre o *rostrum parasphenoidale* (RP), (CNT) *crista nuchalis transversa*, (FGN) *fossae glandularis nasalis*, (FT) *fossa temporalis*, (OF) *os frontale*, e (OP) *os parietale*, a seta evidencia a sutura entre frontal e parietal; b. vista latero-ventral, há uma abertura total da parede caudal às órbitas, formando o (Ab), os *laterosphenoidale* (LAT) são pequenos, e parte da lâmina óssea acima das órbitas é formada pelo osso frontal (OF), (BAS) *os basisphenoidale*, (PPO) *processus postorbital*, (OS) *os squamosum*.



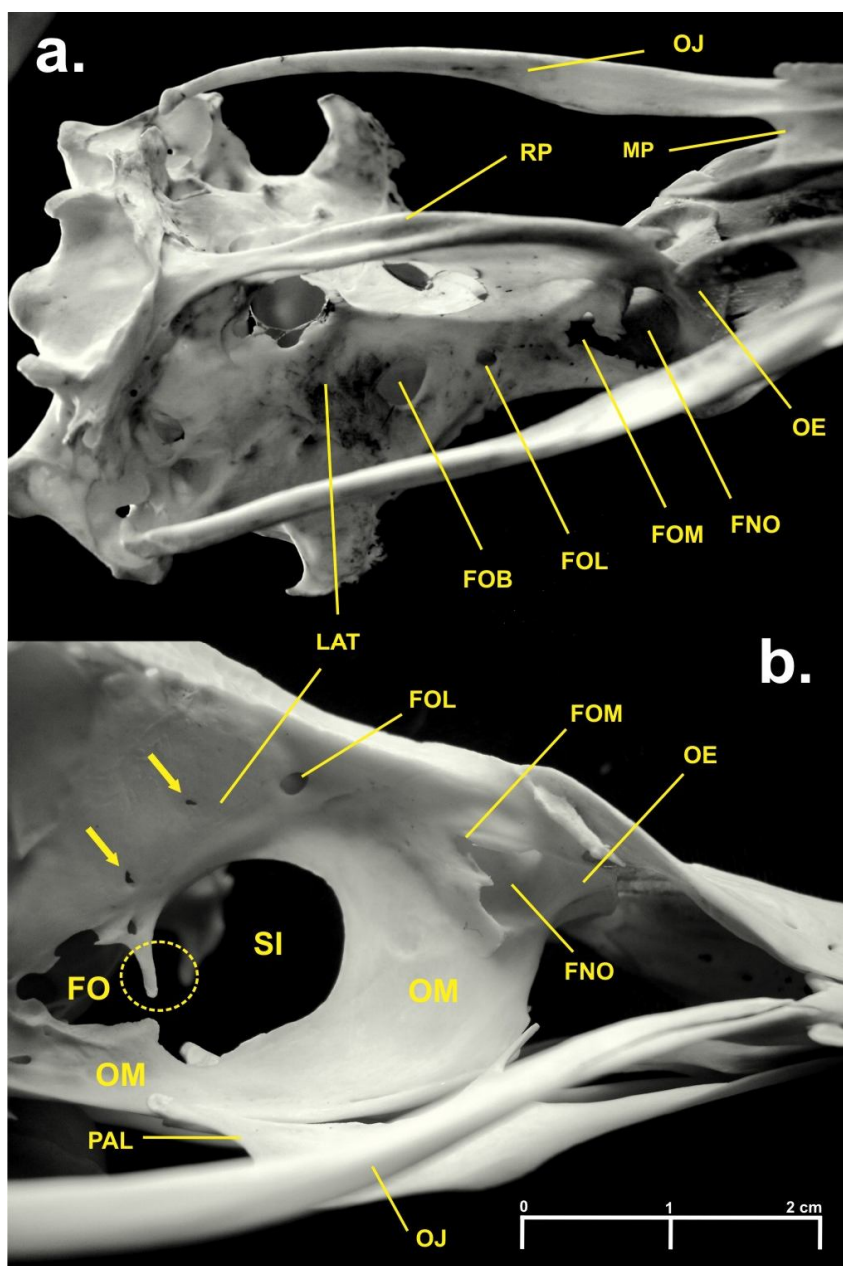
Fonte: Autora (2015).

Figura 51 – Desenvolvimento pós-natal do crânio de *S. magellanicus*: a. vista lateral, o septo inter-orbital (SI) já está formado pela fusão de *os ecthetmoidale* a *os frontale* (OF) e a *os nasale* (ON), e pela existência de *os mesethmoidale* (OM), a seta evidencia a sutura no limite com o *rostrum parasphenoidale* (RP) e está formado o *forame orbitonasale laterale* pelo alongamento da parede caudal à órbita, (FT) *fossa temporalis*, (OP) *os parietale*, (OS) *os squamosum*, (PC) *proeminetia cerebellaris*; b. vista latero-ventral, *os mesethmoidale* (OM) se alongam e septam a parede caudal à órbita formando os *fonticuli orbitocraniale* (FOB) e a porção dorsal do *foramen opticum* (FO), a seta indica a *tuba auditiva* (TA) ainda aberta, (CO) *condylus occipitalis*, (FMM) *forame maxillomandibularis*, (LAT) *os laterosphenoidale*, (MAE) *meatus acusticus externus*; c. vista ventral, a linha pontilhada indica o ponto de fusão entre a porção ventral de *os frontale* e a *lamina dorsalis* (LD) de *os mesethmoidale*, (BAS) *os basisphenoidale*.



Fonte: Autora (2015)

Figura 52 – Detalhe do desenvolvimento pós-natal em dois crânios de *S. magellanicus*: a. vista latero-ventral, os *fonticuli orbitocraniales* (FOB) estão bastante pequenos, os *laterosphenoidale* (LAT) preencheram boa parte da parede caudal da órbita, o *foramen nervus olfactorii* (FNO) já possui uma parede ventral e com ela já aparece o *foramen orbitonasale mediale* (FOM), complementar ao *foramen orbitonasale laterale* (FOL), as outras estruturas visíveis na imagem são (MP) *processus maxillopalatinus* (OE) os *ectethmoidale*, (OJ) os *jugale*, (RP) *rostrum parasphenoidale*; b. vista latero-ventral mais aproximada de outro crânio, as setas indicam as cicatrizes dos *fonticuli orbitocraniales*, o *septum interorbitale* (SI) está quase fechado pela barra que se liga a porção ventral de os *mesethmoidale* (OM), evidenciada pela linha pontilhada, (FO) *foramen opticum*, (PAL) os *palatinum*.

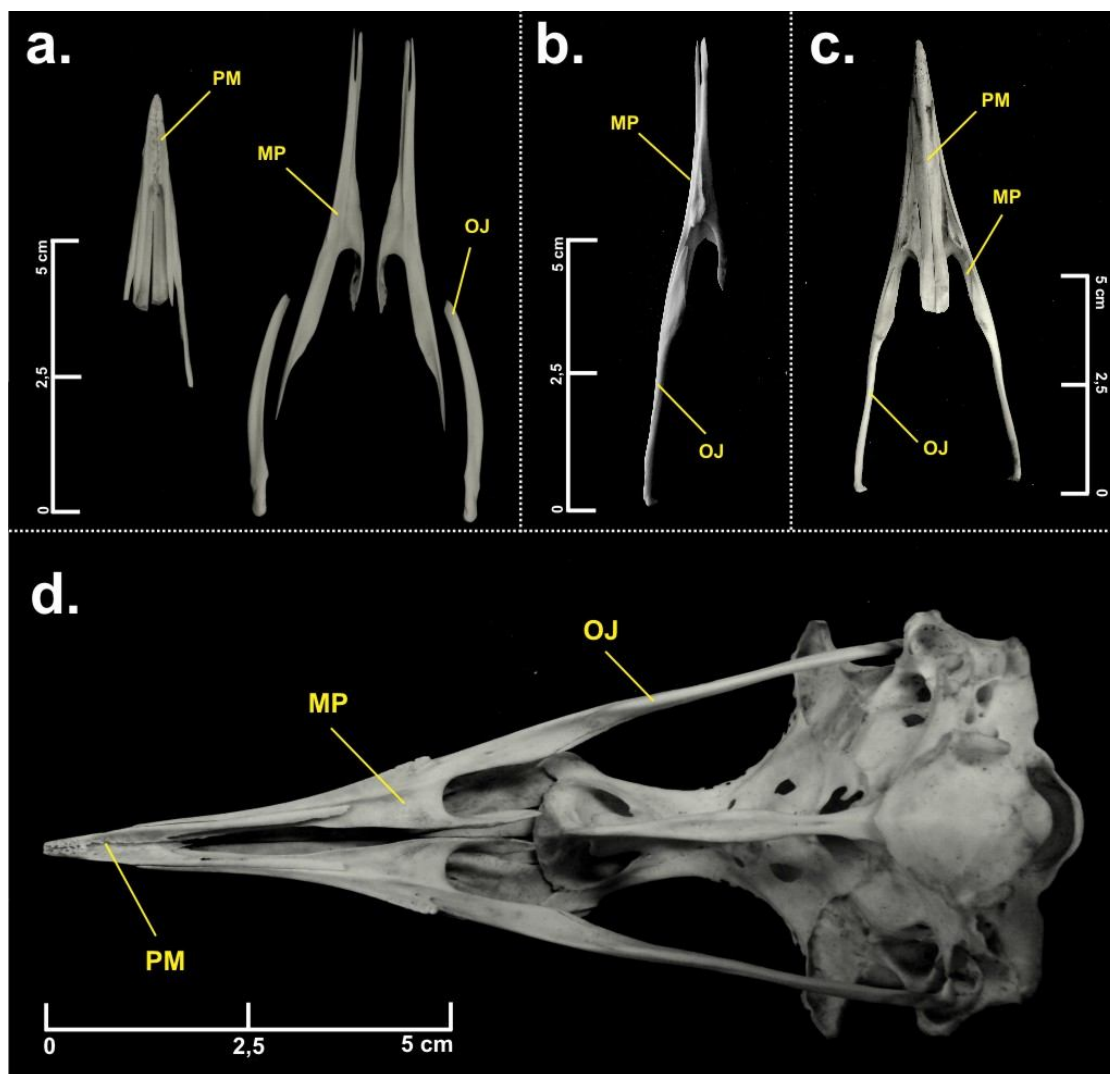


Fonte: Autora (2015).

Os nasale, os premaxillare e os maxillare: as mudanças na região facial não são tão complicadas como na região orbital. Em um primeiro momento, *os premaxillare* não estão fusionados a *os nasale*, apenas articulados. As fusões na região da face começam com *os nasale* fusionando a *os frontale*, depois *os ectethmoidale* se fusionam a *os nasale* (Figura 50, 51 e 52). A pré-maxila, num estágio inicial, apresenta-se fusionada apenas na porção próxima à extremidade rostral do bico, também em parte do segmento ventral às aberturas das narinas. Os longos processos nasais da pré-maxila estão septados nesse momento (Figura 53 a). Nesse estágio, os maxilo-palatinos não estão fusionados à pré-maxila e *os jugale* também se encontram apenas articulados aos maxilo-palatinos (Figura 53 a). Após a fusão dos maxilo-palatinos às barras jugais (Figura 53 b), os maxilo-palatinos se fusionam a porção ventral da pré-maxila (Figura 53 c). Em alguns poucos espécimes esse processo se deu de maneira diferente, com os maxilo-palatinos primeiramente se fusionando à pré-maxila e depois às barras jugais. No próximo estágio, esse complexo formado pela pré-maxila, maxilo-palatinos, e *os jugale* se fusiona a *os nasale* pela região ventral (Figura 53 d). O desenvolvimento ósseo que se segue é na porção dorsal da maxila e na extremidade rostral de *os nasale*, com os processos nasais se fusionando entre si e aos nasais na porção próxima a *zona flexoria*. Em todos os espécimes observados foram percebidas pequenas suturas ainda na *zona flexoria*, mesmo quando todo o restante da maxila estava em sinostose. Poucas exceções ocorreram a esse padrão, em um espécime a pré-maxila estava fusionada a *os nasale*, mas não a os maxilo-palatinos/barra jugal.

Os palati: o par de palatinos se fusiona aos maxilo-palatinos após estes últimos terem se fusionado ao ventre da pré-maxila e esta já estar fusionada a *os nasale*, ou seja, após a maxila propriamente dita estar formada (Figura 14). Os pterigóides nunca se fusionam a nenhuma estrutura, apenas estão articulados. Esse é o mesmo caso de *os quadratum*.

Figura 53 – Desenvolvimento pós-natal da região da pré-maxila e palato de *S. magellanicus*: a. vista ventral, os *premaxillare* (PM) estão desarticulados do *processus maxillopalatinus* (MP), que estão desarticulados entre si e de os *jugale* (OJ); b. vista ventral, o maxilo-palatino (MP) se articula a barra jugal (OJ); c. vista dorsal, o complexo pré-maxila, maxilo-palatinos e arco jugal estão fusionados entre si; e d. vista ventral, esse complexo se funde ao restante do crânio.

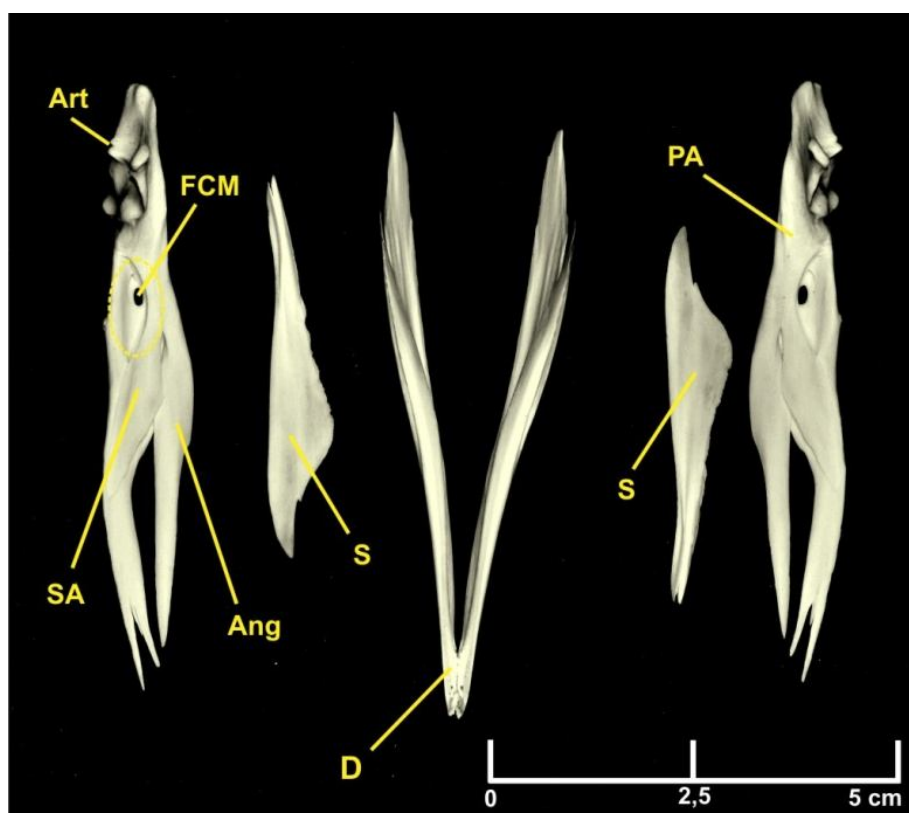


Fonte: Autora (2015)

Basisphenoidale, basioccipitale: o basicrânio se apresentou fusionado em todos os espécimes. O único grau de sutura encontrado nessa região foi na *tuba auditiva*, originada do sulco Eustaquiano localizado ao lado da *lamina parasphenoidale*, que as cristas desse sulco em processo de fechamento. De acordo com o proposto por Hogg (1978) e Jollie (1957) para *Gallus gallus domesticus*, a ossificação do crânio começa pela base, depois ocorre a fusão da região occipital, então a porção superior

(frontal-nasal) e por último a região orbital. Hogg (1978) avaliou o desenvolvimento pós-natal do galo doméstico por 120 dias. Mesmo assim, esse modelo parece concordar no que tange as sequências de fusionamento observadas nos espécimes de *S. magellanicus* do presente estudo.

Figura 54 – Desenvolvimento pós-natal da mandíbula de *S. magellanicus*: os *dentale* (D) desarticulados da porção anterior, em vista ventral, formada por os *articulare* (Art), os *prearticulare* (PA), os *supra-angulare* (SA), os *angulare* (Ang). Os *spleniale* (S) desarticulados de todo o resto. A *fossa aditus canalis mandibulae* está dentro da linha pontilhada, junto com a fenestra caudo-mandibular (FCM)



Fonte: Autora (2015)

A mandíbula também apresentou uma sequência de desenvolvimento pós-natal ao longo dos esqueletos de *S. magellanicus* observados. Em um primeiro estágio os *dentale* não se apresentou fusionado os *angulare* e a os *spleniale*. Em todos os espécimes avaliados o angular já formava uma sinostose com os *supra-angulare*, os *coronoideum* e os *articulare*. Assim, nesse primeiro estágio a mandíbula se apresentou divisão numa porção anterior, formado pelo dentário e uma posterior

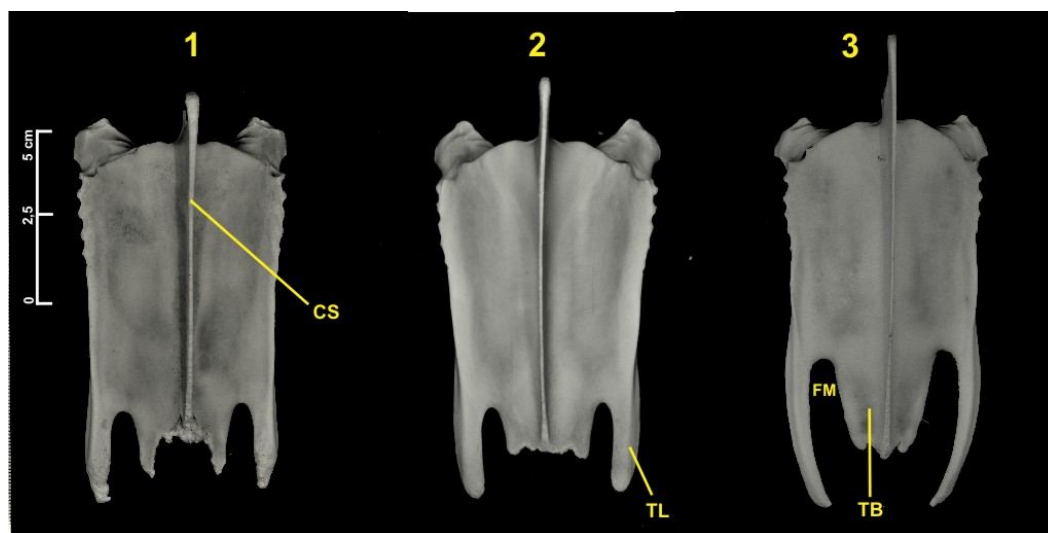
formada pelo complexo articular-angular, e o esplenial desarticulado dessa porção posterior (Figura 54). Todas essas peças permanecem apenas articuladas entre si, encaixadas uma sob a outra na região da sutura do dentário. Num segundo momento, os *spleniale* se fundem ao dentário, mas este continua não fundido a porção posterior formado por articular/angular. No momento final, a mandíbula está em sinostose.

3.3.1.2 Pós-crânio

Em relação ao pós-crânio, não houve modificações no que tange ao desenvolvimento pós-natal nos membros anteriores posteriores dos pinguins-de-magalhães analisados. Já na cintura escapular e pélvica houve modificações.

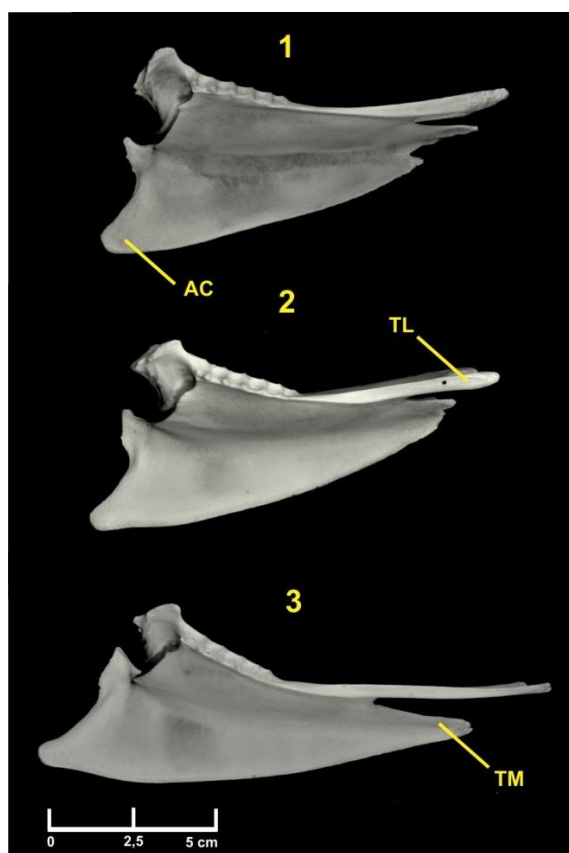
O esterno se apresentou totalmente fusionado. No entanto, observaram-se diferentes graus de desenvolvimento nas trabéculas laterais e na trabécula medial. Essas estruturas se apresentaram pouco desenvolvidas num primeiro momento, e se alongaram gradualmente (figuras 55 e 56), até que num último estágio, a trabécula medial formasse uma placa com formato em V e as trabéculas laterais se curvassem logo ventrais a ela, exibindo extremidades pontiagudas características (Figura 29). Pycraft (1898) define que a trabécula medial e as trabéculas laterais são cartilaginosas nos ninhegos, como visto nas figuras 55 e 56, através das trabéculas curtas. A quilha também apresentou modificações na região da *pila carinae*, que variou de um estado em que exibia a mesma largura do restante da quilha, não podendo ser distinta (Figura 56 estágios 1 e 2) até apresentar-se robusta, mais alargada que a porção distal da estrutura, característica do adulto (Figura 29). A quilha tende a acompanhar o alongamento da trabécula medial (Figura 55 e 56). Em alguns espécimes, nos processos craniolaterais, foi observada a ocorrência de uma fenestra que se apresentou bilateral ou unilateral. Não foi possível estabelecer uma relação da presença ou ausência dessas fenestras com o desenvolvimento das trabéculas ou da quilha, por exemplo, por isso pode ser que elas não sigam um modelo ontogenético.

Figura 55 – Três esternos de *S. magellanicus* em vista dorsal: sequência de desenvolvimento pós-natal observado (1-3), *corpus sterni* (CS), *fenestra medialis* (FM), trabéculas laterais (TL), trabécula medial (TM).



Fonte: Autora (2015)

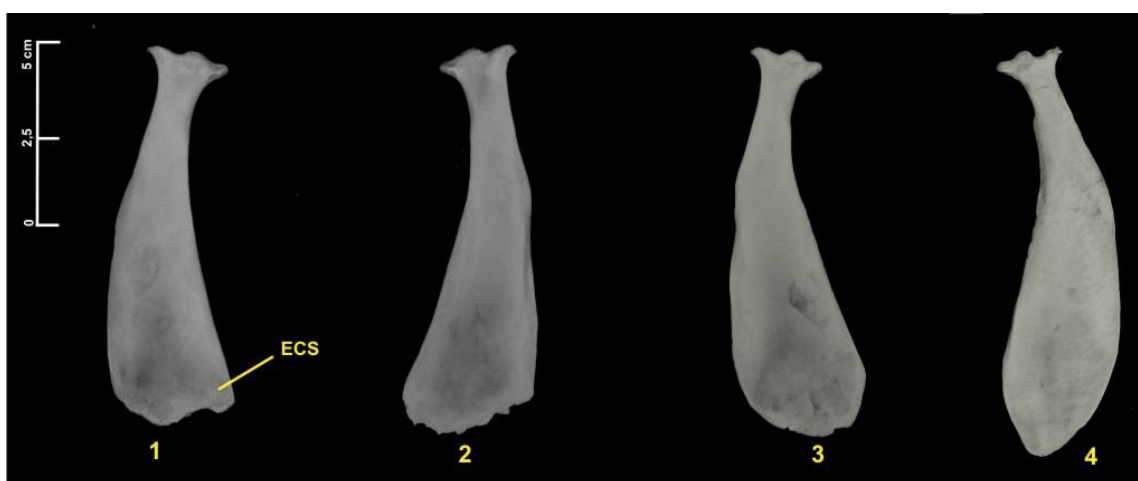
Figura 56 - Três esternos de *S. magellanicus* em vista lateral: sequência de desenvolvimento pós-natal observado (1-3), *apex carinae* (AC), *corpus sterni* (CS), *fenestra medialis* (FM), trabéculas laterais (TL), trabécula medial (TM).



Fonte: Autora (2015)

O par de escápulas apresentou um primeiro estágio em que a extremidade caudal era praticamente retilínea e o corpo escapular fino. Gradualmente essa extremidade passou para um estágio mais arredondado, depois levemente pontiagudo com um corpo mais espesso, exceto pela extremidade ainda fina (Figura 57) e um estágio final em que a porção caudal é pontiaguda, o corpo é robusto e apenas a ponta é mais flexível (Figura 30).

Figura 57 – Sequência de desenvolvimento (1-4) de escápulas de espécimes diferentes de *S. magellanicus* em vista dorsal: *extremitas caudalis scapulae* (ESC).

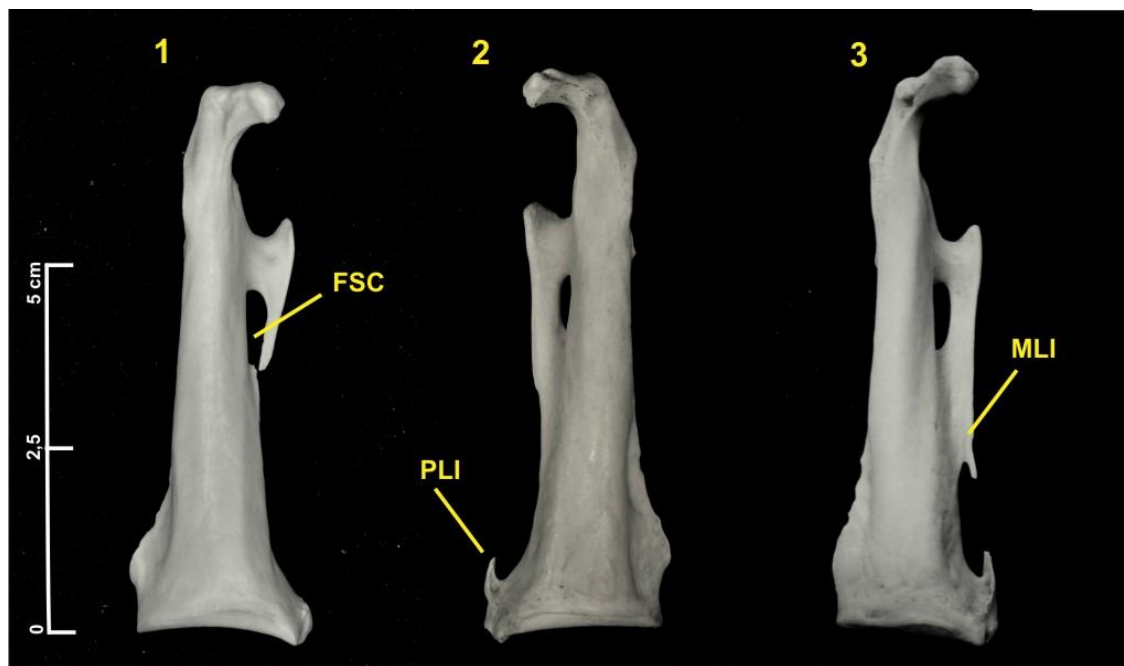


Fonte: Autora (2015)

Os coracóides apresentaram variações, mas nem todas foram tão evidentes. A margem lateral inferior exibiu uma projeção (*processus lateralis internum*) que variou de um estado ausente, ou presente, porém curta (Figura 58) ou alongada - atingindo a metade da distância entre a margem lateral e o processo supra-coracóide. O processo lateral externo da margem ventral do coracóide se apresentou pouco largo e escavado em alguns espécimes (Figura 58). Em alguns espécimes foi observada uma projeção partindo da aba da margem inferior da aba do supra-coracóide, se alongando em direção ao processo lateral interno (Figura 58).

A fúrcula variou na região da face articular acrocoracóide, exibindo uma superfície lisa, alargada e com algumas elevações semelhantes a tubérculos ou muitos tubérculos (Figura 32). A lateral interna (*extremitas omalis claviculae*) se apresentou levemente escavada em alguns espécimes ou côncava (Figura 32).

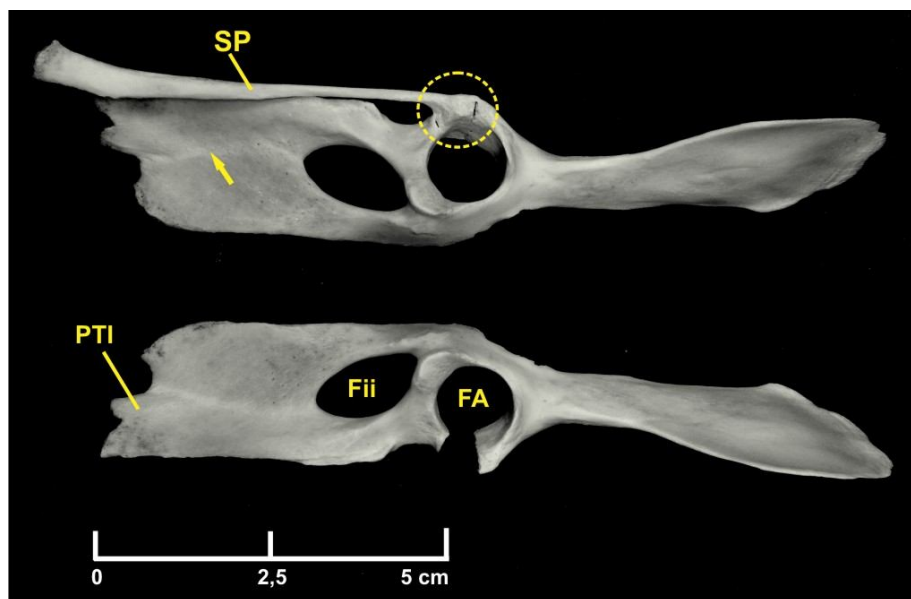
Figura 58 – Sequência de desenvolvimento (1-3) de coracóides de espécimes diferentes de *S. magellanicus* em vista dorsal: *fenestra supracoracoidei* (FSC), *margo lateralis internum* (MLI) e *processus lateralis internum* (PLI).



Fonte: Autora (2015)

No que diz respeito à cintura pélvica, em quase todos os espécimes os *coxae* não se apresentou fusionado ao sinsacro. O íleo pré-acetabular apresentou variação na margem cranial, em estágios que essa margem se apresentou recortada por diversas reentrâncias, recortada com uma ou duas reentrâncias ou com a margem lisa (sem reentrâncias). No entanto, não foi possível associar o fato de essa margem ser lisa ou recortada a uma variação ao longo do desenvolvimento (Figura 38 a, b e c e figura 59). O íleo pré-acetabular variou de pequeno e fino para espesso e robusto (Figura 59 e Figura 38 b e c, respectivamente). Apenas um espécime apresentou o púbis não fusionado à região acetabular. A extremidade caudal do púbis (*apex pubis*) exibiu uma variação definida, de uma margem reta (Figura 59), para arredondada e finalizando com uma forma de seta (Figura 38 a-c). O ísquio, na sua porção caudal (*processus terminalis ischi*) também variou do mesmo modo que o *apex pubis*, se mostrando recortado em espécimes em estágios iniciais da formação do esqueleto (Figura 59).

Figura 59 – Os coxae direito e esquerdo de *S. magellanicus*: o círculo pontilhado evidencia a cicatriz de recente fusionamento do o púbis a íleo e ísquio na peça da esquerda e na peça da direita o púbis está desarticulado, (FA) *foramen acetabuli*, (Fii) *foramen ilioischadicum*, (SP) *scapus pubis* e (PTI) *processus terminalis ischii*.



Fonte: Autora (2015)

3.3.2 Relações entre os caracteres observados, padrões de plumagem e idade cronológica

Em geral, os critérios utilizados para determinação da maturidade das aves podem ser o grau de ossificação do crânio, a plumagem e a condição dos testículos e ovário (DAVIS, 1947). O grau de ossificação do crânio é descrito em detalhes em diversos estudos efetuados com embriões, inclusive para Sphenisciformes (e.g. CROMPTON, 1953; WATERSTON & GEDDES, 1909). Poucos estudos tratam do desenvolvimento pós-natal do esqueleto das aves. Hogg (1978) apresenta o desenvolvimento pós-natal completo do neurocrânio do galo-doméstico (*Gallus gallus domesticus*) ocorrendo em até 120 dias, sendo a região de *os laterosphenoidale* a última a sofrer sinostose. Hogg (1982) também apresenta o desenvolvimento pós-natal para alguns elementos do pós-crânio do galo-doméstico, como as vértebras do

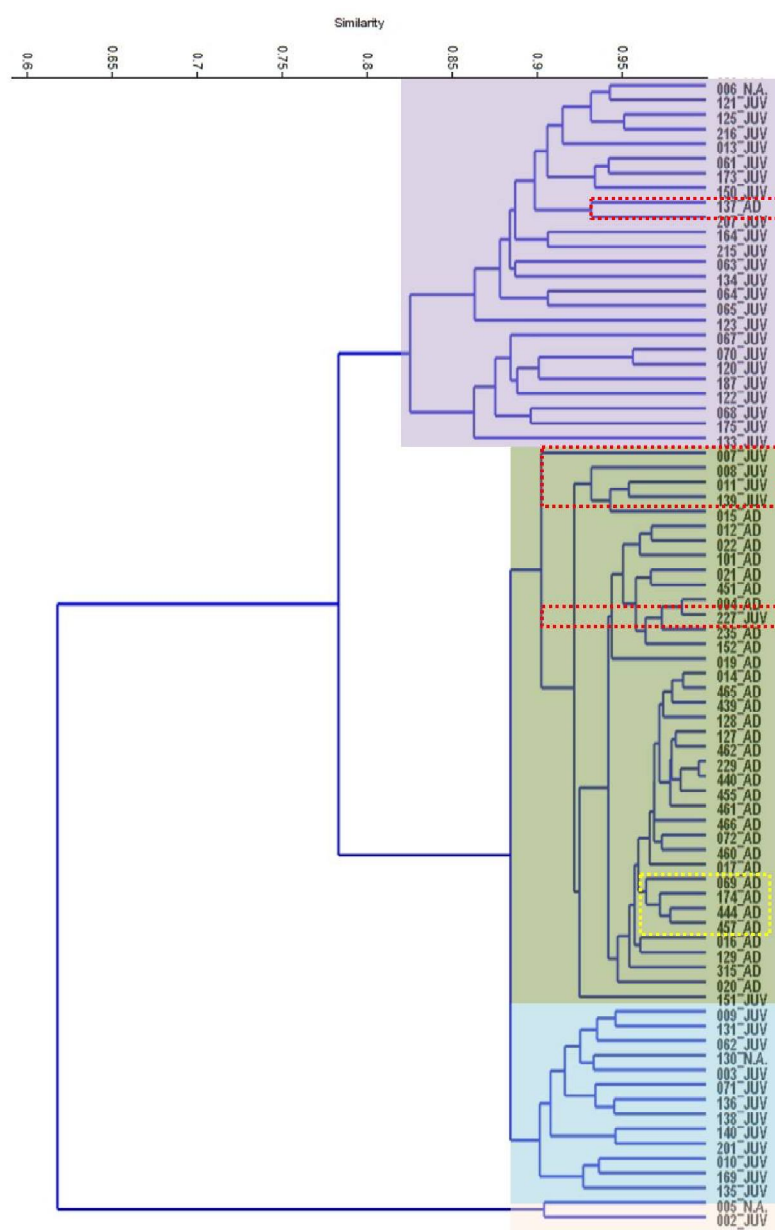
sinsacro, do pigóstilo, esterno, cintura pélvica, metacarpais e metatarsais, sendo que todas essas estruturas já se mostraram completas em menos de 180 dias. Thomas *et al.* (2014) apresentam um tempo total de fusão do crânio para *Gallus gallus* de 24 semanas (168 dias). Esses estudos forneceram uma base para o entendimento da sequência de ossificação do crânio e pós-crânio de *S. magellanicus* no presente trabalho.

Com base na matriz de dados das sequências de ossificação obtidas através da análise dos esqueletos de pinguim-de-magalhães construída conforme o item 2.6 e com os caracteres utilizados disponíveis no Apêndice 2, foi utilizado o índice de Dissimilaridade de *Bray-Curtis* para rastrear os grupos que se formariam em torno dos caracteres. Foram observados 48 caracteres variantes, entretanto apenas 43 foram inseridos nas comparações. Foram excluídas as informações relativas à fusão de vértebras (caractere 29, 30 e 31 do Apêndice 2) e aos caracteres 32 e 45 por terem exibido variação em que não pôde ser constatado como um padrão. Além disso, dois espécimes foram excluídos por apresentarem o crânio parcialmente danificado.

Foram encontrados quatro grupos (três juvenis e um adulto), referente às duas classes etárias estudadas, aplicando-se o índice de *Bray-Curtis* (Figura 60). Os grupos formados variam de acordo com as sequências de ossificação preditas nas observações. O grupo 1 formado pelos espécimes MUCIN 002 e MUCIN 005 correspondem aos únicos que apresentaram o menor grau de ossificação em relação aos demais: o espécime MUCIN 002 apresentou os *frontale*, os *parietale*, os *ectethmoidale*, os *nasale* e os *premaxillare* todos desarticulados entre si (Figura 60). Apenas os *occipitale*, os *basioccipitale/basisphenoidale* e os *parasphenoidale* estavam articulados, mas as suturas entre essas estruturas estavam visíveis. O único caractere que MUCIN 005 diferiu foi em os *frontale* já fusionado a os *parietale*. Em razão desse conjunto de caracteres em graus iniciais, os dois espécimes formaram um agrupamento mais externo a todos os demais. Pycraft (1898) descreve que as suturas no crânio dos Sphenisciformes permanecem abertas por um longo tempo e, ao descrever o crânio dos ninhegos, comenta sobre os *laterosphenoidale* ser apenas uma

cartilagem caudal à órbita, bem como os *mesethmoidale*. O autor também associa aos ninhegos o sulco Eustaquiano ainda não estar convertido na tuba auditiva, fato que também pode ser visualizada nos indivíduos do grupo 1.

Figura 60 – Agrupamentos apresentados pelo índice de *Bray-Curtis* através dos caracteres de desenvolvimento esquelético em *S. magellanicus*: grupo 1=rosa, grupo 2=violeta, grupo 3=azul e grupo 4=verde. O retângulo pontilhado evidencia os espécimes com a ossificação do esqueleto completa. Os números correspondem ao acrônimos. "JUV" e "AD" correspondem às plumagens tipo juvenil e adulto. Os retângulos pontilhados em vermelho destacam os espécimes com plumagem diferenciada dos demais no respectivo agrupamento.



Fonte: Autora (2015)

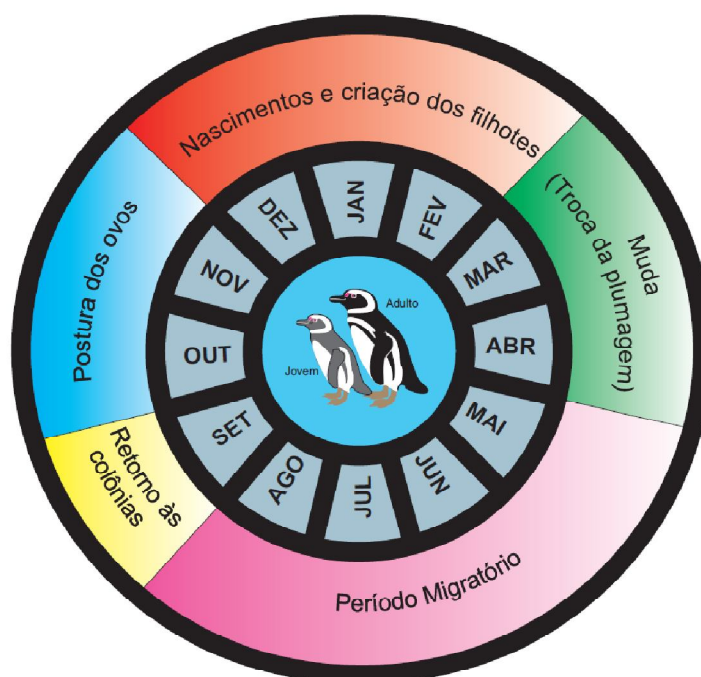
Observando os demais grupos, o caractere decisivo para os grupos 3 e 4 terem se divergido do grupo 2 foi *os premaxillare*, ou seja, no grupo 2 (também no grupo 1) a maxila estava desarticulada do crânio, já nos grupos 3 e 4 a maxila já havia se fusionado ao restante do crânio, em diferentes graus. Dentro deste agrupamento de número 2, houve uma grande concentração de categorias iniciais (números de 0 a 1, ou de 1 a 2) dos caracteres observados. Outros caracteres que divergiram dos demais agrupamentos foram: a *crista nuchalis sagitallis* ausente; a *fossa temporalis* rasa; a mandíbula desarticulada entre si; a quilha do esterno (*carina sterni*) pequena; os ossos do palato desarticulados entre si; a barra que parte de *os mesethmoidale* (septo inter-orbital) sobre o forame ótico inexistente; a parede caudal à órbita aberta; *depressio frontalis* ausente; textura lisa de *os parietale* e *os frontale*; o coracóide sem o processo lateral interno; a *pila carinae* inconspícua.

Os grupos 2 e 3 mostraram algumas semelhanças em caracteres como *os laterosphenoidale* pouco definido, a textura das estruturas do crânio lisas e a parede caudal à órbita apresentando dois *fonticuli orbitocraniales*. Entretanto, o grupo 3 exibiu uma similaridade muito maior ao grupo 4, compartilhando valores para mais de 10 caracteres, o que pode ser observado na Figura 60. As diferenças entre os grupo 3 e 4 aconteceram devido ao grupo 4 exibir os valores mais altos dentre os graus dos caracteres observados, como por exemplo: a parede caudal à órbita totalmente fusionada; a crista coronal robusta; a *depressio frontalis* profunda; a cavidade da glândula de sal profunda e totalmente pontuada; a textura do parietal e do frontal totalmente marcadas por rugosidades e ranhuras; a fusão completa de *os mesethmoidale* ao dorso do *rostrum parasphenoidale*; *os palatinum* fusionados; a fúrcula com tubérculos abundantes no *epicleideum*; as trabéculas laterais no esterno realizando uma curva completa caudal a trabécula medial; o par de escápulas desenvolvido.

Os indivíduos de *S. magellanicus* iniciam seu ciclo reprodutivo com o nascimento nas colônias reprodutivas entre dezembro e fevereiro. Entre março e abril esses indivíduos trocam da plumagem de ninhego para a plumagem juvenil. Por volta

do mês de maio iniciam sua migração invernal para o norte, alcançando o litoral sul brasileiro e por volta de setembro iniciam o movimento de regresso às colônias (Figura 61). Alguns jovens que ainda não estão aptos à reprodução podem permanecer no mar, sendo chamados de vagantes. Os indivíduos de *S. magellanicus* só se tornam aptos para a reprodução aos quatro ou sete anos de vida (SILVA FILHO & RUOPPOLO, 2006). Aqueles indivíduos que retornam às colônias, seja para a reprodução ou não, antes de realizarem a sua segunda temporada de migração novamente por volta do mês de maio, trocam a plumagem juvenil e adquirem a plumagem do adulto. Enquanto essas aves realizam esse processo de muda, que vai de março a abril (assim como é para os ninhegos), elas permanecem em terra (WILLIAMS, 1995, PROJETO NACIONAL DE MONITORAMENTO DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES, 2010). Assim conclui-se que os pinguins-de-magalhães encontrados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul exibindo a plumagem juvenil possuem entre três meses e um ano e dois meses de vida, e que os indivíduos exibindo a plumagem do adulto que aqui chegam a partir de maio têm mais do que um ano e dois meses de vida.

Figura 61 – Ciclo de vida de *Spheniscus magellanicus*.



Fonte: Maurício Tavares (2015)

Nesse sentido, foi possível concluir que os diferentes grupos evidenciados pela análise de dissimilaridade expressam com muita fidelidade sua relação com o tempo que os espécimes abandonaram o cuidado parental. Os dois indivíduos do grupo 1 chegaram à costa do Litoral Norte do Rio Grande do Sul em abril e maio, podendo ter aproximadamente entre 3 e 5 meses. O crânio desses espécimes não se encontrava fusionado (Figura 49) em estruturas que a atingem a sinostose logo no início do processo de ossificação do neurocrânio, de acordo com Hogg (1978) e Thomas & Cooper (2014). Além disso, Pycraft (1898) associa *crista nuchalis transversa* incipiente e a fossa temporal rasa aos pinguins do gênero *Spheniscus* ainda ninhegos. O grupo 2 teve uma concentração de espécimes com registros entrada no CERAM e de coleta nos monitoramentos realizados pelo Ceclimar em junho (13 indivíduos), com poucos registrados ao longo dos meses posteriores (julho a setembro). Nesse agrupamento, a maxila não se encontrava fusionada ao crânio e a mandíbula não fusionada entre suas peças, além de fossa temporal rasa, crista sagital ausente, *depressio frontalis* ausente ou pouco conspícua entre outros caracteres já mencionados, o que também concorda com um tempo de vida decorrido somente um pouco maior do que os espécimes do grupo 1. A linha vermelha pontilhada no grupo 2 destaca o indivíduo com plumagem do adulto entre os demais jovens. O espécime destacado exibiu a pré-maxila desarticulada do crânio, característica associada aos jovens. No grupo 3 de jovens houve predominância de indivíduos com registro de aparecimento entre outubro e novembro. Estes indivíduos, por ainda não estarem aptos à reprodução, podem permanecer no mar ao invés de retornarem às colônias de origem, tendo arribado em nossa costa. O agrupamento 3, que exibia ainda plumagem juvenil se assemelha muito à maioria dos indivíduos do grupo 4 que já apresentava a maior parte dos indivíduos com a plumagem do adulto. Dentro do grupo 4, surge um pequeno ramo com 5 indivíduos com plumagem juvenil (Figura 60, linha vermelha pontilhada). Estes são os que mais compartilham caracteres com os jovens do agrupamento 3, no entanto estão dentro do grupo 4 por terem exibido caracteres de maior grau de ossificação. Dois desses indivíduos arribaram em nossa

costa em fevereiro, e os demais em agosto, setembro e novembro, datas próximas daqueles reunidos no grupo 3. Nos espécimes do grupo 4 com a plumagem adulta, alguns ainda exibiram suturas abertas, como por exemplo, na parede caudal à órbita. Esses possuem registros predominando em agosto, com poucos distribuídos de junho a setembro, concluindo-se que devem estar no seu segundo inverno, com menos de dois anos de idade. Entretanto, para aqueles indivíduos marcados pela linha amarela pontilhada na Figura 60 já se torna difícil precisar a idade, pois exibiram o crânio em sinostose, bem como o mais alto grau de desenvolvimento das demais peças ósseas do pós-crânio. A linha pontilhada vermelha dentro deste agrupamento 4 destaca um espécime com plumagem juvenil entre os adultos. Este indivíduo exibiu todas as características associadas aos adultos, embora a plumagem exibida por ele não coincida.

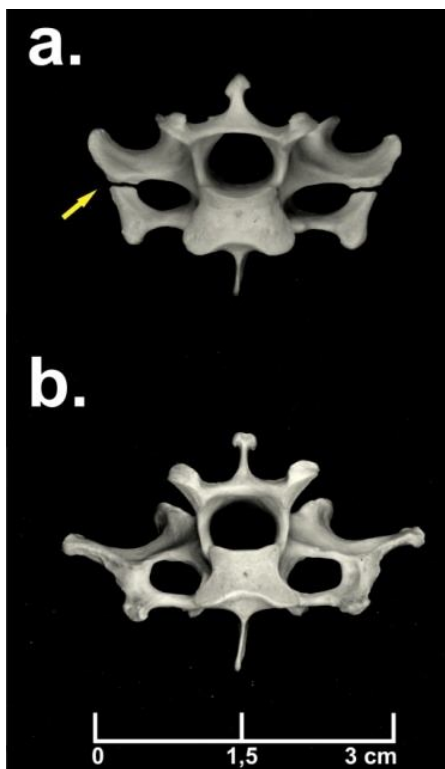
Os três indivíduos em que não constava informação sobre a plumagem agruparam-se da seguinte forma: o espécime de número 5 posicionou-se no grupo 1, devido aos graus iniciais de ossificação das peças ósseas; o espécime de número 6 associou-se ao grupo 2, pois não possuía a pré-maxila fusionada ao crânio; e o espécime de número MUCIN 130 associou-se ao grupo 3, apresentando os dois *fonticuli orbitocraniales* na parede caudal à órbita.

Os padrões de fusão das vértebras não entraram na matriz de caracteres relacionados ao desenvolvimento pós-natal porque, através do teste exato de *Fischer*, não houve associação (entre a fusão da vértebra torácica ao sinsacro e da última caudal livre ao pigóstilo ($p=0,103$ em ambos)). De fato, isso pôde ser observado: alguns espécimes dos grupos 2 e 3 possuíam vértebras fusionadas às estruturas anquilosadas como sinsacro e pigóstilo, enquanto espécimes do grupo 4 e, inclusive dois espécimes contidos no retângulo pontilhado da Figura 60, não apresentaram a última torácica fusionada ao sinsacro. Watson (1883) e Pycraft (1898) associam a fusão da última torácica como uma característica do adulto, porém os mesmos não especificam qual o critério de maturidade adotado (plumagem,

ossificação, sexual). No presente estudo, espécimes jovens do grupo 3 apresentaram a fusão da última torácica ao sinsacro, mesmo não apresentando plumagem adulta.

Por fim, o único caractere vertebral que apresentou significância na análise de dissimilaridade foi a *ansa costotransversaria* da 13ª vértebra cervical, exibindo um padrão aberto ou fusionado (Figura 62).

Figura 62 – Desenvolvimento pós-natal relacionado à cervical 13ª de *S. magellanicus*: a. vista caudal, a seta indica a *ansa costotransversaria* exibindo sutura; b. vista cranial, a vértebra totalmente fusionada na região da *ansa costotransversaria*



Fonte: Autora (2015)

Praticamente todos os indivíduos do Grupo 4 apresentaram essa vértebra como visto na figura 62 b, e praticamente todos os indivíduos do grupo 2 apresentaram a sutura aberta na *ansa costotransversaria*. Todos os espécimes contidos no retângulo pontilhado da Figura 60 apresentaram essa vértebra com sutura fusionada.

4 CONCLUSÕES

O presente estudo concluiu que:

- As diferenças dos resultados apresentados aos dados apresentados pela literatura sobre o número de vértebras podem ser devidas: a) as metodologias de contagem de vértebras serem distintas; b) aos estudos serem em sua quase totalidade genéricos aos Sphenisciformes, em raros casos fazendo menção a *S. magellanicus*; c) ao número amostral utilizado nestes estudos ou não estar claro, ou ser muito menor do que o n amostral utilizado neste trabalho; e d) as variações na maturidade física dos esqueletos não ter sido amostrada pela literatura, fato que ocorre na presente amostra, composta por jovens e adultos de *S. magellanicus*.
- Como ocorre com outras espécies, a maturidade esquelética tende a acompanhar o padrão de plumagem, entretanto mais estudos de animais intermediários são necessários para melhor entender a variação intra-específica.
- O padrão de ossificação quando utilizado em conjunto com o padrão de plumagem pode ser útil em diagnosticar níveis intermediários de desenvolvimento pós-natal (e.g. sub-adulto)
- O padrão de ossificação quando utilizado em conjunto com o padrão de plumagem pode ser útil para determinar se os animais que chegam às praias do Rio Grande do Sul encontram-se no primeiro ciclo de vida (ano) ou não.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMEL, J. J. *et al.* (Eds). **Nomina Anatomica Avium**. Londres: Academic Press, 1993.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. **Species factsheet: *Spheniscus magellanicus***. 2014.
Disponível em: <http://www.birdlife.org>. Acesso em: 15 out. 2014.

BERTELLI, S.; GIANINNI P. A phylogeny of extant penguins (Aves: Sphenisciformes) combining morphology and mitochondrial sequences. **Cladistics**, v. 21, p. 209-239, 2005.

CARDOSO, L. G. *et al.* Gillnet fisheries as a major mortality factor of Magellanic penguins in wintering areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 840-844, 2011.

CLARKE *et al.* Paleogene equatorial penguins challenge the proposed relationship between biogeography, diversity, and Cenozoic climate change. **PNAS**, v. 104, n. 108, p. 11545-11550, 2007.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Lista das Aves do Brasil**. 11. ed. 2014. Disponível em: <<http://www.cbro.org.br>.> Acesso em: 12 ago. 2014.

COUES, E. Material for a monograph of the Spheniscidae. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 24, n. 2, p. 170-212, 1872.

CRACRAFT, J. The Lacrima-Ectethmoid bone complex in birds: a single character analysis. **American Midland Naturalist**, v. 80, n.2, p. 316-359, 1968.

CROMPTON, A. W. The development of the chondrocranium of *Spheniscus demersus* with the special reference to the *columella auris* of birds. **Acta Zoologica**, v. 34, n. 1-2, p. 71-146, 1953.

DANTAS, G. P M. *et al.* Evidence for northward extension of the winter range of Magellanic penguins along the Brazilian coast. **Marine Ornithology**, v. 41, p. 195-197, 2013.

DAVIS, D. E. Size of Bursa of Fabricius compared with ossification of skull and maturity of gonads. **The Journal of Wildlife Management**, v. 11, n. 3, p. 244-251, 1947.

DAVIS, L. S. Sphenisciformes. In: STEELE, J. H.; THORPE, S. A.; TUREKIAN, K. K. **Encyclopedia of Ocean Sciences**. London: Academic Press, 2001. p. 2872-2880.

DEE BOERSMA, P. D.; STOKES, D. L.; YORIO, P. Reproductive variability and historical change of Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*) at Punta Tombo, Argentina. In: DAVIS, L.; DARBY, J. (Eds.). **Biology of penguins**. New York: MacMillan, 1990, cap. 1, p. 15-43.

DÉNES, F. V.; SILVEIRA, L. F. Cranial osteology and taxonomy of albatrosses of genus *Diomedea* Linnaeus, 1758 an *Thalassarche* Reinchenbach, 1853 (Procellariiformes: Diomededidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 47, n. 3, p. 43-61, 2007.

DI BENEDITTO, A. P. M. *et al.* Magellanic penguins: stomach contents and isotopic profiles to assess the feeding demands of juveniles in a wintering area off Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, n. 1, p. 1-8, 2014.

DONATELLI, R. J. Cranial osteology of Picini (Aves: Piciformes: Picidae). **Acta Zoologica (Stockholm)**, v. 95, p. 155-165, 2014.

FERREIRA, C. D.; DONATELLI, R. J. Osteologia craniana de *Platalea ajaja* (Linnaeus) (Aves: Ciconiiformes), comparada com outras espécies de Threskiornithidae. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 3, p. 529-551, 2005.

FRERE, E.; GANDINI, P.; LICHTSCHEIN, V. Variación latitudinal en la dieta Del pingüino de magallanes (*Spheniscus magellanicus*) en la costa patagonica, Argentina. **Ornitologia Neotropical**, v. 7, p. 35-41, 1996.

FORDYCE, R. E.; JONES, C. M. Penguin history and new fossil material from New Zealand. In: DAVIS, L. S.; DARBY, J. T. (Eds.). **Penguin Biology**. California: Academic Press, 1990, cap. V, p. 417-443.

GANDINI, P.; FRERE, E.; DEE BOERSMA, P. Status and conservation of Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus* in Patagonia, Argentina. **Bird Conservation International**, v. 6, p. 307-316, 1996.

GARCÍA-BORBOROGLU, P. *et al.* Chronic oil pollution harms Magellanic penguins in the Southwest Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 193-198, 2006.

_____. Magellanic penguin mortality in 2008 along the SW Atlantic coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, p. 1652-1657, 2010.

GERVAIS, P.; ALIX, E. Ostéologie et myologie des manchots ou sphéniscidés. **Journal de Zoologie (Paris)**, v. 6, p. 424-478, 1877.

GILL, F. B. Flight. In: _____. **Ornithology**. 3.ed. New York: W. H. Freeman & Company, 2007, cap. 5, p. 133-136.

HOGG, D. A. The articulations of the neurocrânio in the postnatal skeleton of the domestic fowl (*Gallus gallus domesticus*). **Journal of Anatomy**, n. 127, v. 1, p. 53-63, 1978.

_____. A reinvestigation of the centres of ossification in the avian skeleton at and after hatching. **Journal of Anatomy**, v. 130, n. 4, p. 725-743, 1980.

_____. Fusions occurring in the postnatal skeleton of the domestic fowl. **Journal of Anatomy**, v. 135, n. 3, p. 501-512, 1982

HOSPITALECHE, C. A.; GASPARINI, G. Evaluación de caracteres craneales y mandibulares en los Spheniscidae con fines sistemáticos. **Ornitologia Neotropical**, n. 17, p. 235-241, 2006.

HOSPITALECHE, C. A.; JADWISZCZAK, P. Enigmatic morphological disparity in tarsometatarsi of giant penguins from the Eocene of Antarctica. **Polish Polar Research**, v. 32, n. 2, p. 175-180, 2011.

HOSPITALECHE, C. A.; TAMBUSI, C. Skull morphometry of *Pygoscelis* (Sphenisciformes): inter and intraspecific variations. **Polar Biology**, v. 29, p. 728-734, 2006.

HOSPITALECHE, C. A. *et. al.* Evaluación dos caracteres del húmero de los pingüinos actuales y fósiles para su uso con fines sistemáticos. **Ornitologia Neotropical**, n. 17, p. 81-94, 2006.

HULL, C. L. Morphometrics indices for sexing adult Royal *Eudyptes schlegeli* and Rockhopper *E. chrysochome* penguins at MacQuarie Islands. **Marine Ornithology**, v. 24, p. 23-27, 1996.

IHERING, H. VON. Die Vögel der Lagoa dos Patos. Eine Zoo-Geographische (As aves da Lagoa dos Patos. Um estudo zoogeográfico). **Zeitschrift für die gesammte Ornithologie**, v. 4, p. 142-165, 1886.

JADWISZCZAK, P. Penguin past: the current state of knowledge. **Polish Polar Research**, v. 30, n. 1, p. 3-28, 2009.

_____. Sinsacra of the Eocene Antarctic penguins: new data on spinal maturation and an insight to their role in the control of walking. **Polish Polar Research**, v. 35, n. 1, p. 27-39, 2014.

JOLLIE, M. The head skeleton of the chicken and remarks on the anatomy of this region in other birds. **Journal of Morphology**, n. 100, p. 389-436, 1957.

KAISER, G. W. A bird is an animal with hollow bones. In: _____. **The Inner Bird: Anatomy and Evolution**. Vancouver: UBC Press, 2007, cap. 2, p. 40-85.

KSEPKA, T. D.; TATSURO, A. Penguins past, present and future: trends in the evolution of the Sphenisciformes. In: DYKE, G; KAISER, G (Eds.). **Living dinosaurs: the evolutionary history of modern birds**. United Kingdom: Willey & Blackwell, 2011. cap. 6, p. 155-186.

KSEPKA, D. T.; BERTELLI, S.; GIANNINI, N. The phylogeny of the living and fossil Sphenisciformes (penguins). **Cladistics**, v. 22, p. 412-441, 2006.

KSEPKA, D. T. *et al.* New fossil penguins (Aves, Sphenisciformes) from the Oligocene of New Zealand reveal the skeletal plan of stem penguins. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 32, n. 2, p. 235-254, 2012.

LIVEZEY, B.C. Morphometric patterns in Recent and Fossil Penguins (Aves: Sphenisciformes). **Journal of Zoology**, London, v. 219, p. 269-307, 1989.

MÄDER, A.; SANDER, M.; CASA JR., G. Ciclo sazonal de mortalidade do pinguim-de-magalhães, *Spheniscus magellanicus* influenciado por fatores antrópicos e climáticos na costa do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.18, n.3, p. 228-233, 2010.

MARTÍNEZ, I. Sphenisciformes. In: DEL HOYO, J.; ELLIOT, A.; SARGATAL, J. **Handbook of the birds of the world**. Barcelona: Lynx, 1992, v.1, p.140-160.

MEISTER, W. Histological structure of the long bones in penguins. **The Anatomical Record**, v. 143, n. 4, p. 377-387, 1962.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M; HEISER, J. B. Especializações das aves. In: _____. **A Vida dos vertebrados**. 4.ed. São Paulo: Atheneu, 2008, cap.17, p. 435-456.

PROJETO NACIONAL DE MONITORAMENTO DO PINGUIM-DE-MAGALHÃES *Spheniscus magellanicus*. Brasília: ICMBio, 2010, 34 p.

PUTZ, K.; INGHAM, R. J.; SMITH, J. G. Satellite tracking of the winter migration of Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus* breeding in the Falkland Islands. **Ibis**, v. 142, p. 614-622, 2000.

PYCRAFT, W. P. Contributions to the osteology of birds, part II: Impennes. **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 958-989, 1898.

REID, J. Anatomical description of the Patagonian penguin. **Proceedings of the Zoological Society of London**, v. 3, p. 132-148, 1835.

SCOLARO, J. A. Sexing fledglings and yearlings of Magellanic Penguins by discriminant analysis of morphometric measurements. **Colonial Waterbirds**, v. 10, n. 1, p. 50-54, 1987.

SCOLARO, J. A.; HALL, M. A. The Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*): sexing adults by discriminant analysis of morphometric characters. **The Auk**, v. 100, n. 1, p. 221-224, 1983.

SHUFELDT, R. W. Osteology of the penguins. **Journal of Anatomy Physiology**, London, v. 35, p. 390-414, 1901.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELO, J. P. (Eds.) **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Ecoscientia, 1998, 337 p.

SETIAWAN, A. N.; DARBY, J. T.; LAMBERT, D. M. The use of morphometric measurements to sex Yellow-eyed Penguins. **Waterbirds**, v. 27, n. 1, p. 96-101, 2004.

SILVA, P. M. **Conteúdo gastrointestinal do Pinguim-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*) no Litoral do Rio Grande do Sul, Brasil** : análise dos itens alimentares e resíduos poliméricos. 2013. 62 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas – Ênfase em Biologia Marinha e Costeira) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé. 2013.

SILVA FILHO, R. P.; RUOPPOLO, V. **Sphenisciformes (pinguim)**. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens**. São Paulo: Roca, 2006, p. 309-323, cap. 21.

SLACK, K. E. *et al.* Early penguin fossils, plus mitochondrial genomes, calibrate avian evolution. **Molecular Biology Evolution**, v. 36, n. 6, p. 1144-1155, 2006.

STOKES, D. L.; DEE BOERSMA, P. Where breeding Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus* forage: satellite telemetry results and their implications for penguin conservation. **Marine Ornithology**, v. 27, p. 59-65, 1999.

SUBRAMANIAN, S. *et al.* Evidence for a recent origin of penguins. **Biology letters**, v. 9, 2013.

THOMAS, P. S.; COOPER, J. Developmental osteology of cross-bred Red Junglefowl (*Gallus gallus* L. 1758) and the implications for ageing chickens from archaeological sites. **International Journal of Osteoarchaeology**, 2014.

TRICHE, N. E. **Sistematics, Biogeography, and Evolutionary History of Fossils and Extant Penguins (Aves: Sphenisciformes)**. 2007. 494f. Tese (PhD) - University of Texas, Austin. 2007.

WALLACE, R. S. *et al.* Morphometric determination of gender in adult Humboldt Penguins (*Spheniscus humboldti*). **Waterbirds**, v. 31, n. 3, p. 448-453, 2008.

WATERSTON, D.; GEDDES, C. A. Report on the anatomy and embryology of the penguins collected by the Scottish National Antarctic Expedition. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 47, 1909.

WATSON, M. Report on the anatomy of the Spheniscidae collected during the voyage of HMS Challenger. In: Murray, J. (Ed.). **Report on the scientific results of the voyage of HMS Challenger during the years 1873-1876**, v. 7, Zoology, p. 1-244, 1883.

WILLIAMS, T. D. **The Penguins: Spheniscidae**. New York, Oxford: University Press, 1995, 295 p.

YORIO, P. *et al.* Breeding biology of Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus* at Golfo San Jorge, Patagonia, Argentina. **Marine Ornithology**, v. 29, p. 75-79, 2001.

VANSTREELS *et al.* Gender determination from morphometrics in migrating Magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). **Marine Ornithology**, v. 39, p. 215-220, 2011.

_____. **Manual de campo para colheita e armazenamento de informações e amostras biológicas provenientes de pinguins-de-magalhães (*Spheniscus magellanicus*)**. São Paulo: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres, 2012, 2ª Ed., 62 p.

VOOREN, C. M.; BRUSQUE, L. F. As aves do ambiente costeiro do Brasil: biodiversidade e conservação. **Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Departamento de Oceanografia. Laboratório de Elasmobrânquios e Aves Marinhas**, 1999, 58 p. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brnd/round5/round5/guias/sismica/refere/aves.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2013.

ZAVALGA, C. B; PAREDES, R. Sex determination of adult Humboldt Penguins using morphometric characters. **Journal of Field Ornithology**, v. 68, n. 1, p. 102-112, 1997.

ANEXO 1

FICHA MERÍSTICA DE COSTELAS - AVES

Código:

Data necropsia:

Necropsia realizada por:

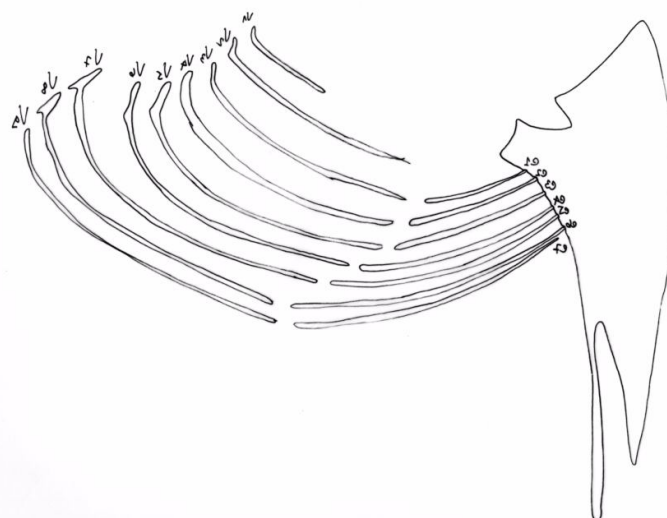
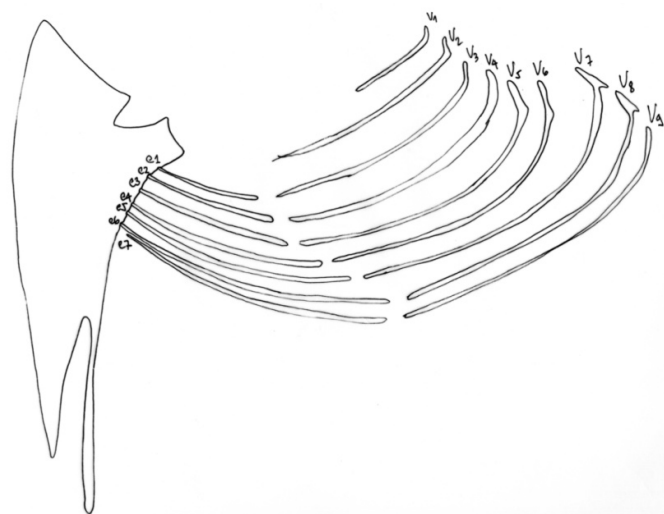
Sexo:

Fotos:

Material coletado:

Fórmula vertebral:

____ costelas vertebrais direitas + ____ flutuantes
 ____ costelas vertebrais esquerdas + ____ flutuantes
 ____ costelas esternais direitas + ____ flutuantes
 ____ costelas esternais esquerdas + ____ flutuantes



APÊNDICE 1



FICHA DE VERIFICAÇÃO OSTEOLÓGICA – *Spheniscus magellanicus*

Código: _____
 Data de entrada: _____
 Sexo: _____

Localidade: _____
 Classe etária: _____
 Data desta avaliação: _____

ESQUELETO AXIAL

1. SINCRÂNIO

	SIM	NÃO	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
Crânio					
Lacrimar					
Quadrado					
Pterigóide					
Palatino					
Mandíbula					
Hióide					

2. VÉRTEBRAS

	SIM	NÃO	TOTAL	LIVRES	FUSIONADAS	OBSERVAÇÕES
Cervicais						
Torácicas						
Lombares						
Sacrais						
Caudais						
Pigóstilo						
Sinsacro						

3. COSTELAS

	SIM	NÃO	TOTAL	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
Externais						
Vertebrais						
Livres						

ESQUELETO APENDICULAR

4. CINTURA ESCAPULAR

	SIM	NÃO	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
Coracóide					
Escápula					
Fúrcula					
Esterno					

5. MEMBROS SUPERIORES

	SIM	NÃO	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
Úmero					

Rádio					
Ulna					
Radiale					
Ulnare					
Sesamóide					
Sesamóide “unha”					
Carpometacarpo					
Dígito 2 - Falange 1					
Dígito 2 – Falange 2					
Dígito 3					

6. CINTURA PÉLVICA

	SIM	NÃO	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
<i>Os Coxae</i>					

7. MEMBROS INFERIORES

	SIM	NÃO	ESQ	DIR	OBSERVAÇÕES
Fêmur					
Patela					
Tibiotarso					
Fíbula					
Tarsometatarso					
Dígito 2 – Falange 1					
Dígito 2 – Falange 2					
Dígito 3 – Falange 1					
Dígito 3 – Falange 2					
Dígito 3 – Falange 3					
Dígito 4 – Falange 1					
Dígito 4 – Falange 2					
Dígito 4 – Falange 3					
Dígito 4 – Falange 4					

Observações gerais:



APÊNDICE 2

Tabela 5 - Matriz de caracteres com as variações de desenvolvimento pós-natal presentes nas peças do sincrânio e pós-crânio. Os números de 1-4 representam os estágios de desenvolvimento de cada caractere do esqueleto, sendo 1 atribuído ao estágio inicial e 4 (ou 3 em alguns casos) ao estágio final.

	1	2	3	4
	OSSA CRANII			
1	CRISTA TEMPORALIS (CORONALIS)	ausente	presente	elevada
2	FOSSA TEMPORALIS	rasa	levemente profunda	profunda
3	CRISTA NUCHALIS TRANSVERSA	pequena - cobre (esconde) um 1/3 de <i>os parietale</i> em vista caudal	média - cobre metade de <i>os parietale</i> em vista caudal	robusta - cobre mais da metade de <i>os parietale</i> em vista caudal
4	CRISTA NUCHALIS SAGITALIS	ausente	inicial – pouco distanciada de <i>os frontale</i>	longa e definida
5	CRISTA NUCHALIS SAGITALIS	fontanele visível na região	cicatriz do fechamento	ausente
6	DEPRESIO FRONTALIS	Ausente	presente, mas é um sulco raso	profunda, dividem claramente <i>os frontale</i> em dois lados, ambos abaulados
7	FOSSAE GLANDULAE NASALIS	Rasa	pouco profunda	profunda - crista da <i>fossae glandularis</i> muito elevada
8	FOSSAE GLANDULAE NASALIS	Alguns pequenos pontos esparsos ao longo da estrutura	pontos localizados mais aglomerados	totalmente pontuada e os pontos são profundos
9	OS SQUAMOSUM	limite (recém fusionalamento) entre <i>os squamosale</i> , <i>os occipitale</i> e <i>os parietale</i> visível	peça única	
10	OS PARIETALE	desarticulado de <i>os frontale</i> , limites visíveis entre <i>os parietale</i> e <i>os squamosale</i>	fusionados a <i>os frontale</i> , mas com cicatriz de fusionalamento visíveis	totalmente fusionados entre si
11	OS PARIETALE	textura lisa	textura levemente marcada por rugosidades	textura totalmente marcada por rugosidades
12	OS FRONTALE	desarticulado de <i>os parietale</i> e de <i>os nasale</i>	fusionado a <i>os parietale</i> , mas não a <i>os nasale</i>	fusionado a <i>os parietale</i> e <i>os nasale</i> , mas com cicatriz de fusionalamento visíveis entre <i>os nasale</i> e <i>os frontale</i>
13	OS FRONTALE	textura lisa	Textura marcada por algumas ranhuras	textura totalmente desenhada por ranhuras
14	OS NASALE	desarticulados de <i>os premaxillare</i> e de <i>os frontale</i>	fusionados a <i>os frontale</i> , mas não a <i>os premaxillare</i>	totalmente fusionados (peça única)
15	OS OCCIPITALE	fontanele na região da <i>proeminentia cerebellaris</i>	cicatriz do fechamento	não existe fontanele
	ORBITA			
16	ECTETHMOIDALE/ MESETHMOIDALE/ SEPTUM INTERORBITALE/ FENESTRA INTERORBITALE	<i>os mesethmoidale</i> inconspícuo, <i>os ectethmoidale</i> desarticulado do dorso de <i>os nasale</i> , sem <i>septum</i> ou <i>fenestra interorbitale</i>	<i>os ectethmoidale</i> fusionado ao dorso de <i>os nasale</i> ; <i>os mesethmoidale</i> conspicuo e fusionado na porção distal do <i>rostrum parasphenoidale</i> , levemente ao dorso de <i>os frontale</i> formando a <i>lamina dorsalis</i> na porção média ou, no máximo até, a porção superior da região caudal à orbita; <i>lamina dorsalis</i> não atinge a região ventral a <i>os ectethmoidale</i> nem se fusiona a ele dorsalmente; <i>fenestra interorbitale</i> muito grande pois o <i>septum interorbitale</i> se resume a uma placa vertical que parte de <i>os ectethmoidale</i> a porção distal do <i>rostrum parasphenoidale</i>	<i>os ectethmoidale</i> fusionado ao dorso de <i>os nasale</i> ; <i>os mesethmoidale</i> conspicuo e fusionado ao longo do <i>rostrum parasphenoidale</i> , ao longo do ventre de <i>os frontale</i> , com a <i>lamina dorsalis</i> se estendendo anteriormente em direção a <i>os ectethmoidale</i> , e posteriormente a <i>os laterosphenoidale</i> até o dorso do <i>foramen opticum</i> ; a barra que parte do dorso do <i>foramen opticum</i> (continuação do <i>septum inter-orbital</i>) é inconspícuo ou visível, mas ainda não atinge completamente o <i>rostrum parasphenoidale</i> ; <i>fenestra interorbitalis</i> de aspecto mais oval, incompleta e ampla;
17	BARRA MESETHMOIDALE (SEPTUM INTERORBITALE)	não existe	inicial	atinge a região central do <i>foramen opticum</i>
				quase toca ou já fusionada ao <i>rostrum parasphenoidale</i>

18	MESETHMOIDALE E LATEROSPHEOIDALE	parede caudal aberta, os <i>laterosphenoidale</i> estreitos, apenas na região lateral ao <i>foramen opticum</i> ; uma abertura única, desde a base em contato com o <i>rostrum parasphenoidale</i> , até o ventre de <i>os frontale</i> em seu limite com <i>os nasale</i>	Os <i>laterosphenoidale</i> estão fusionados acima do <i>foramen opticum</i> , de forma que delimita a forma circular; acima do <i>foramen opticum</i> a <i>lamina dorsalis</i> ainda segue fusionando, deixando uma abertura – <i>fonticuli orbitocranialis</i>	a <i>mesethmoidale</i> forma uma barra óssea entre os <i>laterosphenoidale</i> , formando a porção caudal da placa interorbitale essa ossificação medial deixa duas aberturas de cada lado - <i>fonticuli orbitocraniales</i> e essas aberturas variam de diâmetro	Os dois <i>fonticuli orbitocraniales</i> se fecham e a região caudal às órbitas é uma placa óssea inteira, apenas fenestrada pelo <i>foramen opticum</i> e levemente dividida por uma crista formada pela porção caudal da placa inter-orbital
19	FORAMEN NERVUS OLFACTORII	ausente	presente		
20	LATEROSPHEOIDALE	textura homogênea de <i>os parietale</i> em relação a <i>os laterosphenoidale</i> e com uma crista não muito marcada delimitando as duas regiões	textura lisa de <i>os laterosphenoidale</i> e textura pontilhada <i>os parietale</i> ; crista elevada separando as duas regiões		
21	LATEROSPHEOIDALE	cicatriz de fusão com o <i>rostrum parasphenoidale/septum interorbitale</i> visível	não visível		
22	PROCESSUS POSTORBITALIS	não atinge a metade da distância entre o final da crista coronal sobre o <i>p. postorbitalis</i> (ou do limite entre <i>os parietale</i> e <i>os frontale</i> nos mais imaturos) e o dorso de <i>os squamosale</i> em vista caudal, pela região occipital; a extremidade pouco aguda	atinge a região medial ou passa dela, extremidade aguda, formando pontas		
OSSA FACIEI					
23	PROCESSUS PREMAXILARIS (PROCESSO NASAL DA PRÉ-MAXILA)	septados entre si e entre nasais da porção mais distal de <i>os premaxillare</i> até a zona <i>flexoria</i> onde o processo nasal da pré maxila está apenas encaixado sob <i>os nasale</i>	septados entre si e entre <i>os nasale</i> da margem distal ou mais acima de <i>os naris</i> até o limite da zona <i>flexoria</i> , onde o processo nasal da pré-maxila no seu limite cranial já está levemente encaixado ou fusionado	septos entre <i>os nasale</i> e o p. nasal da pré-maxila (estes ainda septados entre si ou levemente fusionados) apenas na região do contato <i>os frontale</i> entre <i>os nasale</i> ; a margem cranial do p. nasal da pré-maxila já se fusionou levemente com <i>os nasale</i> ou quase completa.	todo fusionado ou com duas linhas paralelas na região do contato de <i>os frontale</i> e <i>os nasale</i>
24	PALATI	<i>os palatinum</i> , <i>processus maxillopalatinus</i> , <i>premaxilla</i> , e <i>os jugale</i> desarticulados	<i>premaxilla</i> fusionada ao <i>p. maxillopalatinus</i> , mas não a <i>os jugale</i> e <i>os palatinum</i> (ou <i>os jugale</i> e <i>processus maxillopalatinus</i> fusionados e <i>premaxilla</i> e <i>os palatinum</i> desarticulados)	<i>premaxilla</i> unida aos <i>processus maxillopalatinus</i> e <i>os jugale</i> , mas <i>os palatinum</i> estão desarticulados	todas as estruturas fusionadas
25	PROCESSUS INTERMAXILARIS	solto	fusionado		
26	OS MAXILARE	<i>premaxilla</i> , <i>processus maxillopalatinus</i> e <i>os jugale</i> desarticulados entre si e de <i>os nasale</i>	<i>premaxilla</i> fusionada ao <i>processus maxillopalatinus</i> e <i>os jugale</i> , mas desarticulada de <i>os nasale</i>	<i>os premaxillare</i> fusionado a <i>os nasale</i> , formando <i>os maxillare</i>	
27	OSSA MANDIBULAE	<i>Os articulare</i> , <i>os angulare</i> e <i>os supra-angulare</i> já formam uma peça única, mas ela está desarticulada de <i>os spleniale</i> e de <i>os dentale</i> (desarticulados entre si também)	<i>os spleniale</i> fusionados a peça formada por <i>os articulare</i> , <i>os angulare</i> e <i>os supra-angulare</i> , mas <i>os dentale</i> não fusionados ao restante	mandíbula formada por uma peça única	
COLUMNA VERTEBRALIS					
28	VERTEBRAE CERVICALES	<i>ansa costatransversaria</i> da 13ª cervical aberta	fechada		
29	VERTEBRAE THORACICAE	7ª torácica desarticulada do sinsacro	fusionada somente em alguns pontos	totalmente fusionada	
30	VERTEBRAE CAUDALES	última caudal livre	fusionada somente em alguns pontos	totalmente fusionada	
31	PYGOSTILUS	todos os limites entre os elementos visíveis	somente visível o limite entre o restante e a última caudal que se fusionou	peça única	
OSSA CINGULI MEMBRI THORACICI STERNUM					
32	PROCESSUS CRANIO-LATERALIS STERNII	com fenestra bilateral	com fenestra unilateral	sem fenestras	
33	TRABECULA LATERALIS	extremidades arredondadas	extremidades agudas, podendo apresentar processos laterais muito pequenas	extremidades pontiagudas com dois processos laterais visíveis	

34	TRABECULA LATERALIS	a distância entre as extremidades é: a <i>fenestra medialis</i> direita + <i>trabecula medialis</i> esquerda	a distância entre as extremidades é: a metade da <i>fenestra medialis</i> direita + <i>trabecula medialis</i> + mais a metade da <i>fenestra medialis</i> esquerda; ou as extremidades podem ultrapassar um pouco a metade das <i>fenestra medialis</i> , mas jamais atingindo a linha média da <i>trabecula medialis</i>	as duas extremidades quase se tocam ou se tocam (realizam uma curva completa ou quase sob a <i>trabecula medialis</i>)
35	TRABECULA MEDIAL	O espaço entre as extremidades distais das <i>trabeculae laterale</i> e a extremidade distal da <i>margo caudalis sternii</i> é mais da metade da distância entre o limite cranial da <i>fenestra medialis</i> e extremidade das <i>trabeculae laterale</i>	o espaço é a metade	o espaço é 1/3 ou menos
36	CARINA STERNI	pequena	média	robusta
37	PILA CARINAE	inconspicua	conspicua	robusta
FURCULA				
38	FACIES DORSALIS EPICLEIDEUM	lisa	alguns tubérculos	Totalmente marcada tubérculos
39	EXTREMITAS OMALIS CLAVICULAE – FACIES INTERNUM EPICLEIDEUM	pouco desenvolvida	desenvolvida	
SCAPULAE				
40	EXTREMITAS CAUDALIS SCAPULAE	reta	arredondada	levemente pontiaguda ponta alongada
41	CORPUS SCAPULAE	fino	fino só na base, podendo apresentar fenestras ou corrosões	espessa, um pouco translúcida apenas na ponta, mas a <i>pila scapulae</i> é robusta e conspicua
OS CORACOIDEUM				
42	MARGO LATERALIS INTERNUM	sem projeção partindo da porção caudal ao <i>foramen supracoracoidei</i>	com projeção pequena	com projeção longa (metade ou mais da extensão que mede da base da projeção até o <i>processus lateralis internum</i>)
43	PROCESSUS LATERALIS INTERNUM	sem projeção direcionada rostralmente	com uma projeção curta - pouco conspicua	com uma projeção alongada e escavada no <i>processus lateralis</i>
OSSA CINGULI MEMBRI PELVICI OS COXAE				
44	OS COXAE	desarticulados do sinsacro	fusionados	
45	ALA PREACETABULARIS ILII	três ou mais reentrâncias	menos de três reentrâncias	
46	SCAPUS PUBIS	desarticulado	cicatriz do fusionalmento	sem cicatriz
47	APEX PUBIS	reta	arredondada a levemente pontiaguda	em forma de flecha
48	PROCESSUS TERMINALIS ISCHII	com reentrâncias	levemente pontiaguda	em forma de ponta de flecha

APÊNDICE 3**LISTA DE ACRÔNIMOS DOS ESQUELETOS UTILIZADOS**

MUCIN 002	MUCIN 068	MUCIN 152
MUCIN 003	MUCIN 069	MUCIN 164
MUCIN 004	MUCIN 070	MUCIN 169
MUCIN 005	MUCIN 071	MUCIN 173
MUCIN 006	MUCIN 072	MUCIN 174
MUCIN 007	MUCIN 101	MUCIN 175
MUCIN 008	MUCIN 120	MUCIN 187
MUCIN 009	MUCIN 121	MUCIN 201
MUCIN 010	MUCIN 122	MUCIN 207
MUCIN 011	MUCIN 123	MUCIN 215
MUCIN 012	MUCIN 125	MUCIN 216
MUCIN 013	MUCIN 127	MUCIN 227
MUCIN 014	MUCIN 128	MUCIN 229
MUCIN 015	MUCIN 129	MUCIN 235
MUCIN 016	MUCIN 130	MUCIN 236
MUCIN 017	MUCIN 131	MUCIN 315
MUCIN 018	MUCIN 133	MUCIN 439
MUCIN 020	MUCIN 134	MUCIN 440
MUCIN 021	MUCIN 135	MUCIN 444
MUCIN 022	MUCIN 136	MUCIN 451
MUCIN 061	MUCIN 137	MUCIN 457
MUCIN 062	MUCIN 138	MUCIN 460
MUCIN 063	MUCIN 139	MUCIN 461
MUCIN 064	MUCIN 140	MUCIN 465
MUCIN 065	MUCIN 150	MUCIN 466
MUCIN 067	MUCIN 151	